

**Caracterización de suelos asociados a los rodales de *Guadua angustifolia* Kunth en la  
cuenca baja del río Guarapas en el Municipio de Pitalito-Huila**

Leidy Yurani Jimenez Cruz

Proyecto De Grado Presentado Para Optar Por El Título De

AGRÓNOMO

Director

MSc. Oscar Eduardo Valbuena Calderón

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

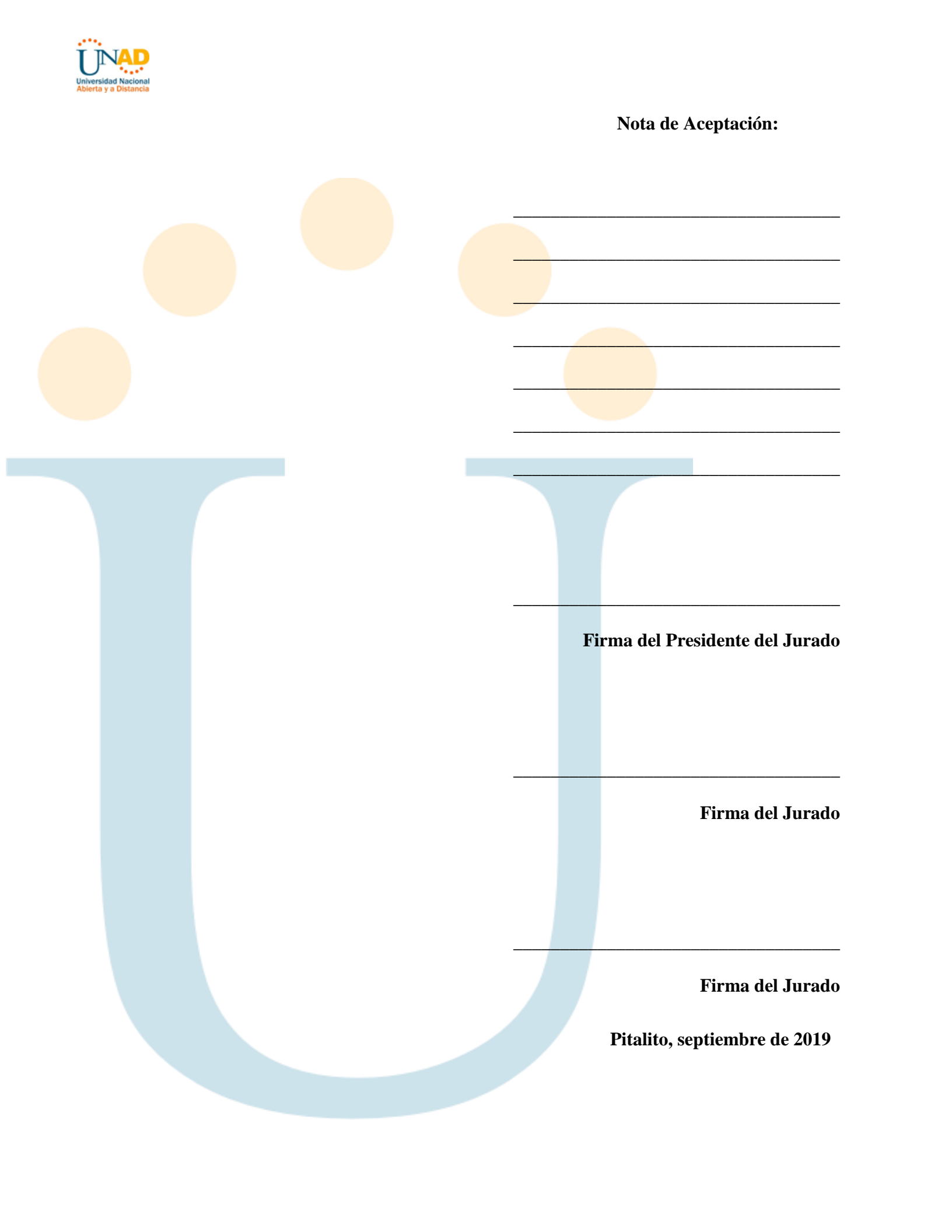
Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Programa de Agronomía

CCAV Pitalito

2019

**Nota de Aceptación:**



---

---

---

---

---

---

**Firma del Presidente del Jurado**

**Firma del Jurado**

**Firma del Jurado**

**Pitalito, septiembre de 2019**

## DEDICATORIA

Principalmente a Dios, por darme la vida y permitirme hacer realidad este sueño tan anhelado de alcanzar mi formación profesional, por guiarme, brindarme sabiduría y perseverancia.

A mis padres Jesús Jimenez y Fabiola Cruz, por inculcarme y ser ejemplo de esfuerzo y valentía, de no rendirme hasta terminar lo que se inicia.

A mis hermanos Edilberto, Misael, Carlos Diana y Camilo por ser el apoyo y fortaleza en todos los momentos de dificultad durante este proceso de formación.

## AGRADECIMIENTOS

Mi profundo agradecimiento al director de grado, por sus enseñanzas, por la paciencia que tuvo, por sus correcciones al documento para poder culminar este trabajo.

A los Tutores de la escuela ECAPMA, que con su conocimiento aportaron en mi crecimiento profesional a lo largo de mi carrera, gracias a sus conocimientos, apoyo y motivaron hoy puedo sentirme una persona al servicio del país.

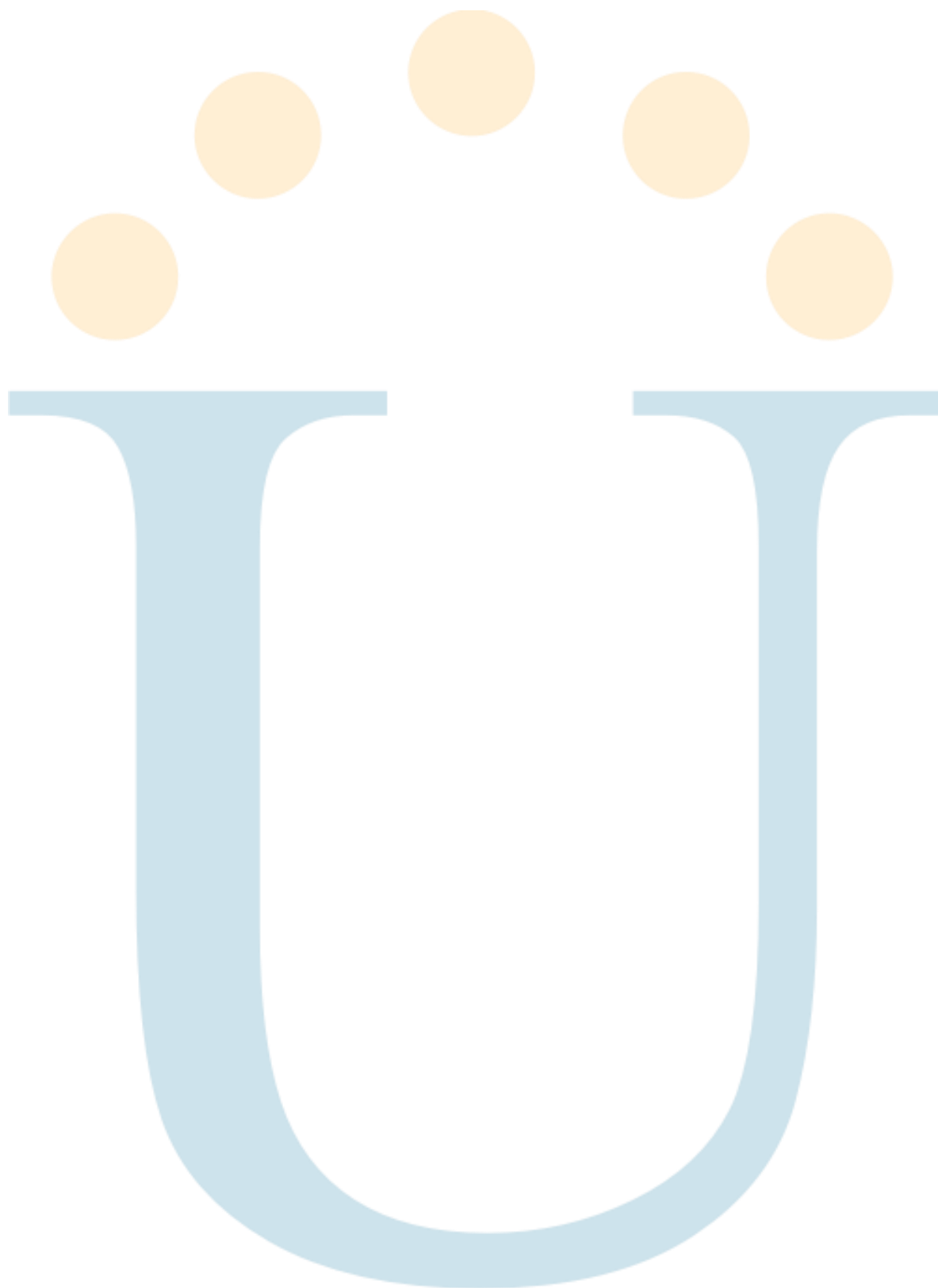
De igual forma, agradezco a mis compañeros y colegas: Adriana Bolaños, Sandra Adarmes, Yesid Espinosa, Ana Leidy Dussan y demás compañeros con quienes recorrí y compartieron conmigo sus conocimientos, fueron mi apoyo y constante motivación.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN .....	3
2 OBJETIVOS .....	7
2.1 General .....	7
2.2 Específicos .....	7
3 MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO .....	8
3.1 La <i>Guadua angustifolia</i> Kunth .....	8
3.2 Origen y distribución .....	8
3.3 Morfología .....	9
3.4 Condiciones Ambientales para el desarrollo de la Guadua .....	11
3.4.1 Suelos .....	11
3.4.2 Materia orgánica .....	11
3.4.3 Densidad aparente .....	12
3.4.4 Textura .....	12
3.4.5 Contenido de Humedad .....	12
3.4.6 Potencial de Hidrógeno .....	12
3.4.7 Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.) .....	13
3.4.8 Aluminio .....	13
3.4.9 Calcio .....	13
3.4.10 Magnesio .....	13
3.4.11 Potasio .....	14
3.4.12 Sodio .....	14
3.4.13 Fósforo .....	14
3.4.14 Elementos menores .....	14
3.4.15 Importancia de la caracterización y mapeo de los suelos .....	16
4 MARCO LEGAL .....	20
5 METODOLOGÍA .....	22
5.1.1 Características climáticas del área de estudio. ....	23
5.1.2 Recolección de la Información .....	23

5.2	Tratamiento de Datos .....	25
5.3	Análisis Estadístico .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.3.1	Generalidades del modelo estadístico .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	32
6.1	Caracterización de suelos .....	32
6.2	Análisis de variables químicas.....	33
6.2.1	Nitrógeno .....	33
6.2.2	Aluminio .....	34
2.1.1	Boro.....	34
2.1.2	Fosforo .....	35
6.2.3	Calcio.....	36
6.2.4	Magnesio.....	36
6.2.5	Sodio .....	37
6.2.6	Potasio.....	38
6.2.7	CICE .....	39
6.2.8	pH.....	40
6.2.9	Cobre.....	41
6.2.10	Manganeso.....	42
6.2.11	Zinc .....	42
6.2.12	Materia Orgánica .....	43
6.2.13	Hierro .....	44
7	ANÁLISIS DE VARIABLES FÍSICAS .....	45
7.1	Porcentaje de arena.....	45
7.2	Porcentaje de arcilla .....	46
7.3	Porcentaje de Limo .....	46
7.4	Punto de marchitez.....	47
7.5	Capacidad de campo.....	48
7.6	Densidad aparente.....	49
7.7	Saturación .....	49
7.8	Conductividad hidráulica .....	50
7.9	Agua disponible.....	51
8	CONCLUSIONES.....	58
9	RECOMENDACIONES.....	59

10	BIBLIOGRAFÍA.....	60
----	-------------------	----



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ESTRUCTURA MORFOLÓGICA DE LOS BAMBÚES .....	10
FIGURA 2. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	22
FIGURA 3. LOCALIZACIÓN ÁREA DE RODALES .....	24
FIGURA 4. PROCEDIMIENTO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE SUELOS Y RODALES DE GUADUA...	26
FIGURA 5 DIAGRAMA DE RELACIÓN DE LAS VARIABLES CRITERIO Y PREDICTORAS PARA EL ANÁLISIS DE CORRELACIÓN CANÓNICA.....	28
FIGURA 6 DIAGRAMA DE INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS DE CORRELACIÓN CANÓNICA.....	29



## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 . <i>ESTIMACIÓN DE LOS TIEMPOS DE PASO PARA CADA UNO DE LOS ESTADOS DE MADUREZ DE LA GUADUA, EXPERIENCIAS EN EL VALLE DEL CAUCA</i> .....	9
TABLA 2. <i>PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUELOS ASOCIADOS A LOS RODALES DE GUADUA</i> .....	15
TABLA 3. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES – ANÁLISIS MULTIVARIADO ACP .....	53
TABLA 4 MATRIZ DE CORRELACIÓN .....	54
TABLA 5. <i>COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE COMPOSICIÓN DE LOS RODALES DE GUADUA (%)</i> .....	55
TABLA 6 CORRELACIONES CANÓNICAS .....	55
TABLA 7 MATRIZ DE CORRELACIÓN .....	56
TABLA 8 COEFICIENTES DE LAS COMBINACIONES LINEALES .....	56

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. ANÁLISIS DE VARIANZA – CARACTERÍSTICAS DEL SUELO EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO GUARAPAS .....	32
CUADRO 2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE NITRÓGENO .....	33
CUADRO 3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE ALUMINIO .....	34
CUADRO 4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE BORO .....	35
CUADRO 5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE FOSFORO .....	35
CUADRO 6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE CALCIO .....	36
CUADRO 7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE MAGNESIO .....	37
CUADRO 8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE SODIO .....	38
CUADRO 9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE POTASIO .....	39
CUADRO 10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE CICE .....	40
CUADRO 11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE PH.....	41
CUADRO 12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE COBRE.....	41
CUADRO 13. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE MANGANESO.....	42
CUADRO 14. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE ZINC.....	43
CUADRO 15. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE MATERIA ORGÁNICA .....	44
CUADRO 16. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE HIERRO .....	44
CUADRO 17. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE ARENA .....	45
CUADRO 18. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE PORCENTAJE DE ARCILLA.....	46
CUADRO 19. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE PORCENTAJE DE LIMO.....	47
CUADRO 20. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE PUNTO DE MARCHITEZ .....	48
CUADRO 21. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE CAPACIDAD DE CAMPO .....	48
CUADRO 22. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE DENSIDAD APARENTE .....	49
CUADRO 23. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE SATURACIÓN .....	50
CUADRO 24. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA .....	51
CUADRO 25. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE AGUA DISPONIBLE .....	51

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo general caracterizar los suelos asociados a los rodales de *Guadua angustifolia* Kunth, en la cuenca baja del río Guarapas del Municipio de Pitalito-Huila; para lo cual se propuso identificar las características físicas y químicas de los suelos asociados a los rodales de *G. angustifolia* Kunth, seguidamente determinar la relación entre estado de los rodales de *G. angustifolia* Kunth y las características del suelo.

Se realizaron muestreos no probabilísticos en 25 rodales los cuales se llevaron a laboratorio para el análisis sobre las características físicas y químicas, a nivel físico se midió densidad real, densidad aparente, textura, capacidad de campo, agua disponible, punto de saturación, conductividad hidráulica, variables necesarias para el buen desarrollo de las especies; a nivel químico se midió las características de pH, aluminio intercambiable, carbono orgánico, Fósforo asimilable, Nitrógeno, Potasio, Calcio, Magnesio, Aluminio, Boro, Sodio, Cobre, Manganese, Zinc, Hierro y Materia Orgánica.

Seguidamente se realizó un inventario para conocer la composición por cada rodal y se finaliza con el diseño estadístico cuantitativo univariado para correlación de las variables analizadas por medio del programa Infostat 2019, para separar las medias ( $p \leq 0.05$ ) mediante Fisher; con esto se pretende analizar la relación que existe entre las características del suelo y la ubicación sobre la cuenca baja del río. Finalmente se realizó correlación canónica mediante análisis multivariado, para determinar las características que mayor relevancia y probabilidad presentaron en el estudio.

**Palabras claves:** *Guadua angustifolia* Kunth, bamboo, Guarapas, Suelo, cuenca.

## ABSTRACT

The present research project had as a general objective to characterize the soils associated with the stands of *Guadua angustifolia* Kunth, in the lower Guarapas river basin of the Municipality of Pitalito-Huila; for which it was proposed to identify the physical and chemical characteristics of the soils associated with the stands of *G. angustifolia* Kunth, then determine the relationship between the state of the stands of *G. angustifolia* Kunth and the characteristics of the soil.

Non probabilistic were analyzed in 25 stands which were carried out a laboratory for the analysis on the physical and chemical characteristics, a physical level was measured real density, apparent density, texture, field capacity, available water, saturation point, hydraulic conductivity, variables necessary for the good development of the species; At a chemical level, the characteristics of pH, exchangeable aluminum, organic carbon, assimilable phosphorus, nitrogen, potassium, calcium, magnesium, aluminum, boron, sodium, copper, manganese, zinc, iron and organic matter were measured.

An inventory was then carried out to determine the composition for each wheel and it was completed with the univariate quantitative statistical design for the correlation of the variables analyzed through the Infostat 2019 program, to separate the means ( $p \leq 0.05$ ) by Fisher; This is intended to analyze the relationship between the characteristics of the soil and the location on the lower river basin. Finally, a canonical correlation was performed using multivariate analysis, to determine the characteristics that were most relevant and specific in the study.

**Keywords:** *Guadua angustifolia* Kunth, bamboo, Guarapas, Soil, basin.

## INTRODUCCIÓN

Los suelos son un componente de los sistemas naturales que ofrece soporte y sustento a las plantas; son el resultado de factores físicos, naturales y ambientales, los cuales regulan los procesos geodinámicos, biogeoquímicos y ecológicos responsables de la estabilidad y oferta biológica, ligados en conjunto a la sostenibilidad (IDEAM, 2015). El Sur del Departamento del Huila presenta características físico-químicas importantes del suelo el cual está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua, siendo una capa delgada que se ha formado muy lentamente, a través de los siglos, con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento, la cual sirve de soporte (FAO, 2018)

Por su parte las características de los suelos asociados a los rodales de guadua; influyen directamente a las características morfológicas de la cuenca, pero también a las condiciones y propiedades de los mismos, en especial los ribereños a las fuentes hídricas principales, en donde es posible, inclusive mejorar las propiedades de los suelos, aun cuando la especie ha sido aprovechada; por tanto, en el marco de la identificación de las condiciones más adecuadas, según el potencial del uso del suelo, pero también de la vocación natural de los mismos, se hace fundamental encontrar los puntos que mejor representen la relación suelo-planta para el buen comportamiento de los rodales en las diferentes áreas geográficas de la cuenca (Rodríguez y Camargo, 2009).

El desbalance en la oferta del recurso hídrico y la alteración de caudales de sus fuentes, los vertimientos de aguas residuales y sedimentos producto de desarrollos especializados de producción, además de los generados por los procesos erosivos antrópicos, en donde la principal afectación se genera por el uso del suelo, lo cual en menos de 7 años ha llevado casi a la extinción

de las coberturas boscosas protectoras, prácticas inadecuadas en la producción que deterioran el recurso suelo y ejerce presión sobre los bosques, entre otros aspectos que conllevan al desequilibrio y conflicto del uso de los recursos naturales con énfasis en suelo, agua y bosque (Asamblea Departamental del Huila, 2016).

Las propiedades físicas y químicas del suelo cambian por la alteración de numerosas funciones, las cuales influyen en el desarrollo de las plantas, siendo necesario evaluar la calidad del suelo con el objetivo de mejorar o conservar la fertilidad y la productividad del suelo, garantizando la sustentabilidad y como parte de las estrategias para lograrlo, resulta indispensable la selección y uso de indicadores de calidad que proporcionen información sobre los cambios generados en las propiedades edáficas como consecuencia del uso y el manejo (Vallejo Quintero, 2013).

Debido a esto, este estudio se enfocó en la caracterización de los suelos asociados a los rodales de *Guadua angustifolia* Kunth, en la cuenca baja del río Guarapas del Municipio de Pitalito, Huila; de manera que se representen las propiedades de los suelos frente al comportamiento de los rodales de guadua, además que no se cuenta con un estudio que permita conocer si se puede aprovechar los suelos para implementar nuevas siembras del cultivo de guadua y más específicamente en esta zona geográfica.

El Sur del Departamento del Huila presenta pérdida y amenaza de la diversidad biológica, una ampliación de la frontera agropecuaria que impacta en el uso y cobertura del suelo y que han presionado las coberturas protectoras de las áreas de nacimientos y de recarga hídrica en razón de un 1,93%, tasa calculada para la cuenca del río Guarapas entre los años 1989 y 2009 Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM, 2009), la utilización de maderas para tutorados, actividad que registra un consumo del orden de los 948.840 m<sup>3</sup>/año para todo el departamento.

El 60 % del área de la cuenca del Rio Guarapas posee vocación para el desarrollo de actividades de conservación, por tal razón, la cobertura y uso adecuado para dichas zonas ha de ser de tipo forestal protector o protector productor. Sin embargo, el aprovechamiento intensivo ha llevado a que el área de bosques naturales pase de 20.803 hectáreas en el año 2002 a 15.300 hectáreas en el año 2009, es decir, que anualmente se perdieron 775 hectáreas de bosques en la cuenca. Pese a todos los procesos de intervención y degradación de las masas boscosas, la cuenca del rio Guarapas conserva aún ecosistemas estratégicos de alta importancia (CAM, 2009).

La guadua es considerada una de las especies protectoras y productora experimentando al igual que otras especies, un aprovechamiento no tecnificado de rodales por parte de los productores, sumado a la falta de legislación territorial, tendiente a lograr el manejo sostenible de los mismos, en donde se detalle el procedimiento que deben seguir los propietarios y aprovechadores para obtener los permisos de aprovechamiento forestal de la autoridad ambiental; aumenta el índice de deforestación de la cuenca, la pérdida de esta importante especie, la tasa de erosión, disminución y desequilibrio de caudales y coadyuva a la pérdida de la diversidad biológica (Méndez Pedroza, 2015).

Por tal razón se requiere mayor atención en torno a la cadena de la guadua que se centra en sus características de recurso natural renovable que cultivado de forma sistemática, con requerimientos tecnológicos y económicos bajos, en poco tiempo, puede conformar plantaciones forestales perennes. Su composición orgánica y morfológica la ubican como una especie forestal muy útil, capaz, incluso, de suplir a la madera en varias de sus aplicaciones. Se ha determinado realizar el estudio sobre la cuenca hidrográfica del rio Guarapas, dado que las cuencas hidrográficas son escenarios propios para la gestión integral sobre territorio, ofreciendo la base para el ordenamiento territorial, además de contar con el plan de ordenación y manejo que permite realizar actividades

enmarcadas dentro del mismo y que conllevan al cumplimiento de lo planteado (Méndez Pedroza, 2015).

El diagnóstico de guaduales en la Cuenca del río Guarapas permitió identificar la cantidad y calidad de la guadua en su estado natural, de acuerdo a lo reportado por Méndez Pedroza (2015) el inventario de los rodales de guadua en la cuenca tiene un área total estimada de 418,6 hectáreas de acuerdo al inventario realizado y al análisis estadístico, se puede deducir que existen alrededor de setecientas mil unidades de guadua, distribuidas de la siguiente manera: Guadua en renuevos o rebrotes aproximadamente el 13,3%, guadua verde alrededor del 31,4%, guadua madura en torno al 50,4% y las existencias en guadua sobre madura están cerca del 4,9%.

Los rodales de guadua; sin embargo, están asociados directamente a las características morfológicas de la cuenca, pero también a las condiciones y propiedades de los suelos, en especial los ribereños a las fuentes hídricas principales, en donde es posible, inclusive mejorar las propiedades de los suelos, aun cuando la especie ha sido aprovechada; por tanto, en el marco de la identificación de las condiciones más adecuadas, según el potencial del uso del suelo, pero también de la vocación natural de los mismos, se hace fundamental encontrar los puntos que mejor representen la relación suelo-planta para el buen comportamiento de los rodales en las diferentes áreas geográficas de la cuenca (Rodríguez y Camargo, 2009).

Debido a esto, se realizó una caracterización de los suelos asociados a los rodales de *Guadua angustifolia* Kunth, en la cuenca baja del río Guarapas del Municipio de Pitalito, Huila; de manera que se representen las propiedades de los suelos frente al comportamiento de los rodales de guadua, así como las relaciones de influencia en servicios ambientales que se vinculan de manera natural entre estos 2 componente



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 General

Caracterizar los suelos asociados a los rodales de *Guadua angustifolia* Kunth, en la cuenca baja del río Guarapas del Municipio de Pitalito, Huila.

### 2.2 Específicos

- Identificar las características físicas y químicas de los suelos asociados a los rodales de *Guadua angustifolia* Kunth, en la cuenca baja del río Guarapas del Municipio de Pitalito, Huila.
- Determinar la relación entre estado de los rodales de *Guadua angustifolia* Kunth y las características del suelo, en la cuenca baja del río Guarapas del Municipio de Pitalito, Huila.

### 3 MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO

#### 3.1 La *Guadua angustifolia* Kunth

SIGGUADUA (2018), plantea que la guadua es un bambú leñoso perteneciente a la familia de las gramíneas, taxonómicamente a las *Poaceae*, entre las cuales existen cerca de 1.000 especies a nivel mundial, 500 de ellas en América. En Colombia existen 28 especies de bambúes herbáceos y 47 especies de bambúes leñosos distribuidos en 11 y 7 géneros respectivamente, estos últimos localizados en el Amazonas, en la Región Atlántica y en la Región Andina; siendo la Subtribu Guaduinae la que incluye el género *Guadua*.

#### 3.2 Origen y distribución

De acuerdo con (Castaño, 2001) sostiene que la *Guadua* ha sido introducida en países de Centro América, Norte América, e inclusive en Asia, y Europa; se encuentra en estado natural en Ecuador, Venezuela y Colombia, en donde este último ha registrado dos variedades: *G. angustifolia* var. Bicolor y *G. angustifolia* var. Nigra. Además, menciona que las guaduas conocidas como “cebolla”, “macana”, “cotuda” o “castilla” parecen ser ecotipos o formas que responden a condiciones climáticas y edáficas específicas.

Se calcula que existen cerca de 56.000 has de guaduales, la mayoría es encontrada en forma de bosques naturales; no obstante, (Londoño, Camayo, Riaño, & López, 2018) muestran que las áreas naturales y plantadas alcanzan 36.181 ha, de las cuales 31.286, están en el eje cafetero, Tolima y Valle del Cauca. La información sobre producción de guadua es fragmentada; departamentos como: Antioquia, Huila, Putumayo, Caquetá, Cundinamarca, Cauca y Nariño presentan coberturas boscosas, de las cuales no se registra información, sin embargo, en Cundinamarca, la Unidad

Regional de Planificación Agropecuaria – URPA, señala la existencia de 1.695 ha, y en Huila, se estima un área actual de 3.500 ha

Según Castaño (2001) la guadua puede tener un ciclo de vida de 11 años, aproximadamente, puede variar acorde con las condiciones de sitio (humedad, suelo, etc.), logrando haber guaduas con ciclo corto (4 años) y otras con ciclo largo (mayor de 11 años).

**Tabla 1. Estimación de los tiempos de paso para cada uno de los estados de madurez de la guadua, experiencias en el valle del Cauca.**

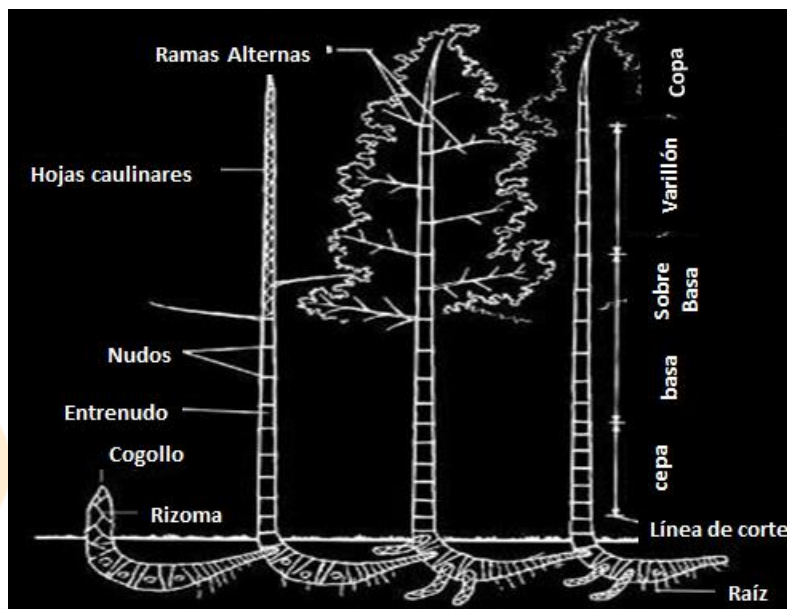
ESTADO DE MADUREZ	TIEMPO DE PASO (Meses)	TIEMPO DE PASO (Años)	ACUMULADO (Años)
Renuevo	5,74	0,6	0,6
Viche	10,74	0,89	1,49
Madura	18,92	1,41	2,9
Muy Madura	88,05	7,34	10,24
Seca	9,48	0,79	11,03
Duración	130,93	11,03	

Fuente: (Castaño, 2001)

De igual forma, Castaño (2001) sostiene que tomando como base los guaduales del Valle del Cauca, la guadua permanece en estado juvenil (renuevo + viche) un año y medio y en estado maduro (madura + muy madura o adulta), ocho a nueve años para luego durar aproximadamente un año en estado seco, hasta que muere.

### 3.3 Morfología

Los bambúes son plantas con una gran diversidad morfológica; los hay de pocos centímetros y tallos herbáceos hasta bambúes de 30 metros de altura y tallos leñosos. Debido a su naturaleza especializada y a su floración infrecuente, se le ha dado mucha importancia para los estudios taxonómicos a estructuras morfológicas tales como rizoma, culmo, yema complemento de rama, hoja caulinar y follaje (SIGGUADUA, 2018).



**Figura 1. Estructura morfológica de los bambúes**

Fuente: (Guadua Bamboo, 2015)

Algunas de estas estructuras hacen referencia a la inflorescencia, el fruto, la plántula, y el hábito, sin embargo, las partes de esta especie resaltan una importancia elevada para el desarrollo de este estudio y se describen a continuación de acuerdo con la información de (Cobos Fischer & León Rodríguez, 2007) .

Las raíces, dependiendo del suelo, el grosor llega a 5 milímetros y alcanza profundidades de hasta 1.50 metros, las demás se extienden de forma horizontal. El Rizoma es el órgano encargado del almacenamiento de nutrientes y es la parte apta para la propagación asexual, cuando estos se encuentran completos y de uno o más años de edad, que aún no tengan yemas desarrolladas. El tallo o culmo tienen forma cilíndrica con entrenudos huecos llamados canutos, separados transversalmente por tabiques o nudos que le dan mayor rigidez, flexibilidad y resistencia; están formados por fibras longitudinales, que según su especie se diferencian, en su diámetro, altura y su forma de crecimiento; su altura puede ser hasta 40 m y el diámetro va de 8 a 18 cm en promedio.

Las hojas son de color verde especial, forma lanceolada y lisas (angostas y largas), inconfundibles en la distancia y de fácil reconocimiento; al caer aportan biomasa al suelo a razón de 4Kg. / m<sup>2</sup> / año,

transfiriendo nutrientes al suelo y demás plántulas que las rodean. Existen otras hojas en la guadua denominadas Caulinares, estas cubren el tallo desde su nacimiento hasta su madurez, son de color café y provistas de pelusillas como sistemas de defensa. La flor es muy pequeña, de color violáceo o rosáceo, su color depende del tipo de suelo donde esta plantada, su vida es muy corta, dura aproximadamente 48 horas y está ubicada en las partes terminales de las ramas superiores y en el primer tercio de la espiga. La semilla es similar a un grano de arroz, de coloración blancuzca, muy clara en su interior y de café muy claro en su exterior.

### **3.4 Condiciones Ambientales para el desarrollo de la Guadua**

#### **3.4.1 Suelos**

Los suelos apropiados para la plantación son los evolucionados a partir de cenizas volcánicas, el horizonte A, profundo de colores oscuros y textura franco-arenosa, el horizonte C, posee textura arenosa-franca, color pardo amarillento, profundos, bien drenados, de fertilidad natural baja a moderada, reacción fuerte a moderadamente ácida. Otros suelos en menos proporción pueden presentar texturas areno-limosas o franco limosas, se requieren suelos ricos en materia orgánica, húmedos, pero no inundables, con profundidad efectiva desde moderada hasta muy profunda, el perfil del suelo ideal es aquel que presenta texturas gruesas y medias, con apariencia textura liviana a mediano (Velez, 2006).

#### **3.4.2 Materia orgánica**

Se considera que los suelos asociados a guaduales y bosque poseen mayor contenido de materia orgánica siendo del (11,21%); los altos niveles de materia orgánica, inciden en la disminución de la compactación, la densidad real, y el pH aumenta la porosidad, el contenido de agua gravimétrica, la Capacidad de intercambio catiónica y la actividad de microorganismos en el suelo (SIGGUADUA, 2018).

### **3.4.3 Densidad aparente**

Según (Velez, 2006) la densidad aparente es una variable importante para evaluar el grado de compactación de los suelos, la Densidad aparente en guaduales y bosques presentan niveles de compactación de 0.69 gr/cc.

### **3.4.4 Textura**

La textura se cuantifica en la proporción de partículas del suelo en porcentaje, los suelos con guaduales se caracterizan por tener altos contenidos de arena en comparación con limos y arcilla (63,11% 19,03% y 17,84 % respectivamente), los suelos donde mejor se desarrolla la guadua son los areno limosos, francos, franco-arenosos, siendo mayor el contenido de arena en comparación con limos y arcilla (63,11% 19,03% y 17,84 % respectivamente) (Velez, 2006). Por otro lado, se han reportado valores de textura de 63,13% mostrando altos niveles de arenas (SIGGUADUA, 2018).

### **3.4.5 Contenido de Humedad**

El agrosistema de guadua presenta una humedad del orden de 34,88%, siendo un contenido alto, por ende se genera alta densidad aparente, es decir, mayor volumen de poros y por lo tanto se retienen mayor humedad, materia orgánica y residuos vegetales, siendo de vital importancia en la regulación hídrica, ya que cumplen con la función de servir como colchón o esponja absorbente, mejorando la actividad microbiana y reduciendo también la penetración para facilitar el desarrollo radical (SIGGUADUA, 2018).

### **3.4.6 Potencial de Hidrógeno**

De acuerdo con (Castaño, 2001), la mayoría de los guaduales se encuentran en suelos derivados de cenizas volcánicas, con porcentaje bajo de saturación de bases, pobres en fósforo y mediano en potasio. A medida que la acidez disminuye se incrementa la disponibilidad de Ca, Mg y K; en el

caso contrario, una reducción incide en el incremento de iones de hidrógeno, hierro o aluminio y en la relación de Ca/Mg; sin embargo, las condiciones óptimas de pH deben ser de 5,5-6,5 unidades.

### **3.4.7 Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.)**

Definida como la suma de bases intercambiables totales (Na, K, Mg, Ca) y la acidez intercambiable (H, Al), los suelos con menor grado de intervención como en los guaduales son considerados de clasificación media con una CIC entre 15 y 16 me/100 g, los suelos pobres de cobertura vegetal tienen menores niveles de CIC, en cuanto a las interrelaciones químicas, hay un amplio intercambio catiónico y la relación con otras bases que es de aproximadamente 17,5 me/100 gr de suelo (Velez, 2006).

### **3.4.8 Aluminio**

Los altos niveles se consideran tóxicos para la mayoría de las plantas incluyendo los guaduales, en suelos derivados de cenizas volcánicas donde se desarrolla mejor la guadua, los niveles de Aluminio son mínimos y no causan daños fisiológicos (Velez, 2006).

### **3.4.9 Calcio**

Los agro sistemas de guadua presentan valores medios entre (5,0 meq/100gr); pero al compararse con otros sistemas productivos como ganadería y la caficultura, los guaduales poseen promedios muchos mayores (Velez, 2006).

### **3.4.10 Magnesio**

los guaduales y/o bosques presentan altos niveles de este elemento siendo de (1,84me/100gr). La representación de Mg en términos de la capacidad de intercambio catiónico es muy pobre en suelos derivados de cenizas volcánicas (Velez, 2006).

#### 3.4.11 Potasio

En general los suelos con **guadua** poseen niveles moderados de potasio (0.6me/100gr), por su naturaleza, estos suelos tienen significativas cantidades de este elemento (Velez, 2006).

#### 3.4.12 Sodio

se requieren niveles muy bajos de sodio para el desarrollo de la guadua (los rangos fluctúan entre 0.21 y 0.27 me/100gr.) (Velez, 2006).

#### 3.4.13 Fósforo

los niveles de fósforo no muestran variaciones considerables generalmente se presentan entre 20 y 30ppm, cantidad alta, aunque existe la posibilidad de que este elemento no se encuentre de manera aprovechable en los rangos que se describen en los análisis de laboratorio (Velez, 2006).

#### 3.4.14 Elementos menores

A nivel general los promedios de elementos menores contenidos en los suelos donde se encuentra la guadua se pueden considerar como altos para todos a excepción de Boro, cuyos niveles son medios (Velez, 2006).



**Tabla 2. Propiedades químicas de los suelos asociados a los rodales de Guadua**

PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA GUADUA	INFORMACIÓN SEGÚN (Castaño, 2001)	INFORMACIÓN SEGÚN (Duarte, López, y Campos, 2016)	INFORMACIÓN SEGÚN (SIGGUADUA, 2018)	INFORMACIÓN SEGÚN (Velez, 2006)
<b>pH</b>	Fluctúa entre 4,2 (Fuertemente Ácidos) hasta 7,4 (ligeramente alcalinos)	Condiciones optimas 5.5 - 6.5	Suelos derivados de cenizas volcánicas, con porcentaje bajo de saturación de bases, pobres en fósforo y mediano en potasio.	
<b>Materia orgánica</b>	medio a alto	-	Los altos niveles de materia orgánica inciden en la disminución de la compactación.	
<b>Aluminio (Al)</b>		-	-	Son mínimos y no causan daños fisiológicos.
<b>Calcio (Ca)</b>	Contenido normal; esporádicamente muy altos o bajos.	-	-	medios (5.0me/100gr)
<b>Magnesio (Mg)</b>	Entre muy alto a normal, en algunos casos bajo.	-	-	Niveles superiores de este elemento (1,84me/100gr).
<b>Potasio (K)</b>	Normal a alto	-	-	Niveles moderados de potasio (0.6me/100gr)
<b>Sodio (Na)</b>		-	-	Niveles muy bajos de sodio (rangos que fluctúan entre 0.21 y 0.27 me/100gr.)
<b>Fósforo (P)</b>	Medio a muy bajo	-	-	presenta entre 20 y 30ppm
<b>Capacidad de cambio Catiónico</b>	Normal a muy alta	-	-	clasificación media con una CIC entre 15 y 16 me/100 gr. de suelo
<b>Bases totales</b>	Normales	-	-	
<b>Saturación total de bases</b>	Muy alta	-	-	
<b>Hierro (Fe)</b>	Deficiente a normal	-		Niveles entre 280 y 300ppm
<b>Cobre (Cu)</b>	Normal a deficiente	-		Rangos entre 1 a 5ppm
<b>Boro (B)</b>	Deficiente a ND	-		Niveles de 0.15 a 0.20ppm
<b>Manganeso (Mn)</b>	Normal a alto	-		Entre 8 y 10ppm
<b>Zinc (Zn)</b>	Normal a alto	-	-	

% Saturación Mg	-	Saturación menor del 15% es baja, entre 15% y 25% media y mayor de 25% alta.	-	
-----------------	---	--	---	--

Fuente: Los autores

### 3.4.15 Importancia de la caracterización y mapeo de los suelos

La caracterización del suelo se realiza con el fin de representar espacialmente su variabilidad e identificar la fertilidad o su deficiencia de elementos necesarios para el desarrollo vital y establecimiento de un cultivo, también se puede determinar a través de la rigidez, permeabilidad, facilidad de penetración de las raíces, retención de humedad y resistencia al laboreo. De acuerdo con (García & Felix, 2014), se inicia con la toma de muestra, la cual debe ser representativa del suelo en estudio, teniendo en cuenta época de muestreo, profundidad del muestreo y otros requisitos necesarios para que la toma de muestras la cual determinará conocer las propiedades físicas del suelo, potencialidades productivas, entender cómo influyen estas en el desarrollo de las plantas, y como estas propiedades están estrechamente relacionadas con las propiedades químicas y las biológicas.

Una vez sistematizada la información obtenida en el laboratorio de suelos de forma escrita y clasificada se procede, a representar la información mediante uso de mapas cartográficos que son básicamente la generación de mapas cuyas características se representa los tipos o propiedades de suelos mediante relaciones cuantitativas (modelos de predicción) entre datos de suelos (observaciones de campo y datos de laboratorio) y variables ambientales (Angelini, 2012). Teniendo en cuenta la diversidad de suelos, tradicionalmente se realizan levantamientos, los cuales requieren de planeación, muestreo intenso, análisis de laboratorio y procesamiento de datos. Este

procedimiento es lento y costoso lo cual explica la escasez de mapas de suelos detallados en el ámbito nacional (Abarca y Bernabé, 2010 como se citó en (Colín, y otros, 2017).

Para representar espacialmente los suelos se procede a realizar un mapeo mediante ayuda de sistemas de información geográfica, donde se especifica las características físicas, químicas y biológicas de los suelos en diferentes lugares. La distribución geográfica le permite al productor conocer de manera más detallada el suelo en el que se encuentra trabajando, sus potencialidades, pero también sus limitantes productivas, para llevar a cabo la representación de la distribución en un mapa cartográfico se utiliza inicialmente GPS (Sistema de posicionamiento Global) para localizar los lugares de tomas de muestras, (latitud, longitud) determinar una extensión de tierra con exactitud. De acuerdo con (Cadena & Da Silva, 2016) y (Córdoba, Paccioretti, Bruno, Aguante, & Balzarini, 2017) se utilizan los siguientes softwares:

**Q-GIS:** Con este programa es posible calcular los atributos del terreno (TAs). Cada uno de los parámetros puede ser calculado directamente con SAGA o uno a uno en Q-GIS, también permite conocer la altura relativa del terreno, el comportamiento del relieve, entre otros parámetros, A través de este programa es posible realizar configuraciones de iluminación ideales para una mejor visualización, identificar la variación climática que ocurre en el país, variables topográficas y de clima, se obtiene mapas con información de atributos de manera que las formas del terreno converjan entre sí, mostrando zonas de mayor agrupación bajo similitud y distancia, la información es clasificada y organizada bajo la zona de estudio, el mapa se reduce debido a que la información de geomorfología obtenida no se extiende a todo el nivel nacional, de manera que se unifican las capas de factores climáticos, topográficos y geomorfológicos a la zona de estudio

**SoLIM:** Genera mapas de suelo basado en reglas y lógicas difusas, adoptando un enfoque basado en el conocimiento para predecir los valores de similitud. Los dos insumos claves para SoLIM son: datos sobre variables ambientales seleccionadas (covariables) relacionadas con las condiciones del suelo en la zona (almacenadas en la base de datos GIS) y conocimiento experto (reglas) que permiten diferenciar los distintitos suelos (unidades suelo-paisaje) según su relación con las variables ambientales.

**FastMapping:** implementa herramientas estadísticas para la depuración de datos espaciales, ajusta y selecciona cuasi automáticamente variogramas para realizar y mapear la variable de interés.

Los mapas se generan dependiendo el uso y el objetivo que se busca de acuerdo con (INTA, 2015) se clasifican de acuerdo con la intensidad del muestreo en el terreno y de acuerdo con la escala en la cual son representados. Se les puede diferenciar en tres tipos básicos: Reconocimiento extensivo: proveen información de extensas áreas a un nivel general, usados en análisis de tipo comparativo de entre grandes regiones. Los intensivos o detallados son utilizados en suelos que requieren una información muy detallada, por ejemplo, en los cinturones urbanos y periurbanos, en las cercanías de ciudades, etc. (horticultura, floricultura, etc.)

Según (IEC, 2018), un mapa no es la realidad del terreno, es una representación de conocimiento estructurado sobre la distribución de los suelos en el paisaje, se trata de una aproximación a la realidad del terreno, aproximación que será tanto más precisa, cuanto más alta haya sido la densidad de observaciones y más detallada sea la escala. La representación cartográfica de los suelos de un territorio determinado constituye una visualización de las propiedades intrínsecas de los suelos y la delimitación de su ámbito concreto de distribución, la división de un determinado paisaje en áreas supuestamente homogéneas constituye un ejercicio de modelización que

materializa la distribución de los suelos en el paisaje. La expresión cartográfica constituye un esfuerzo de síntesis y concreción. Un mapa de suelos debe integrar de una manera armónica la escala de trabajo, la cantidad de información que se debe representar, la calidad en la definición y delimitación de unidades y la capacidad de interpretación de los usuarios de la información.

La finalidad de los mapas de suelos de acuerdo con (IEC, 2018) es sintetizar en un único documento las propiedades clave de los suelos por medio de un juego de codificaciones y leyendas que permitan una interpretación rápida de los resultados; describiendo la distribución de las unidades de manera gráfica que permita la difusión del conocimiento y acceso rápido a la información técnica.

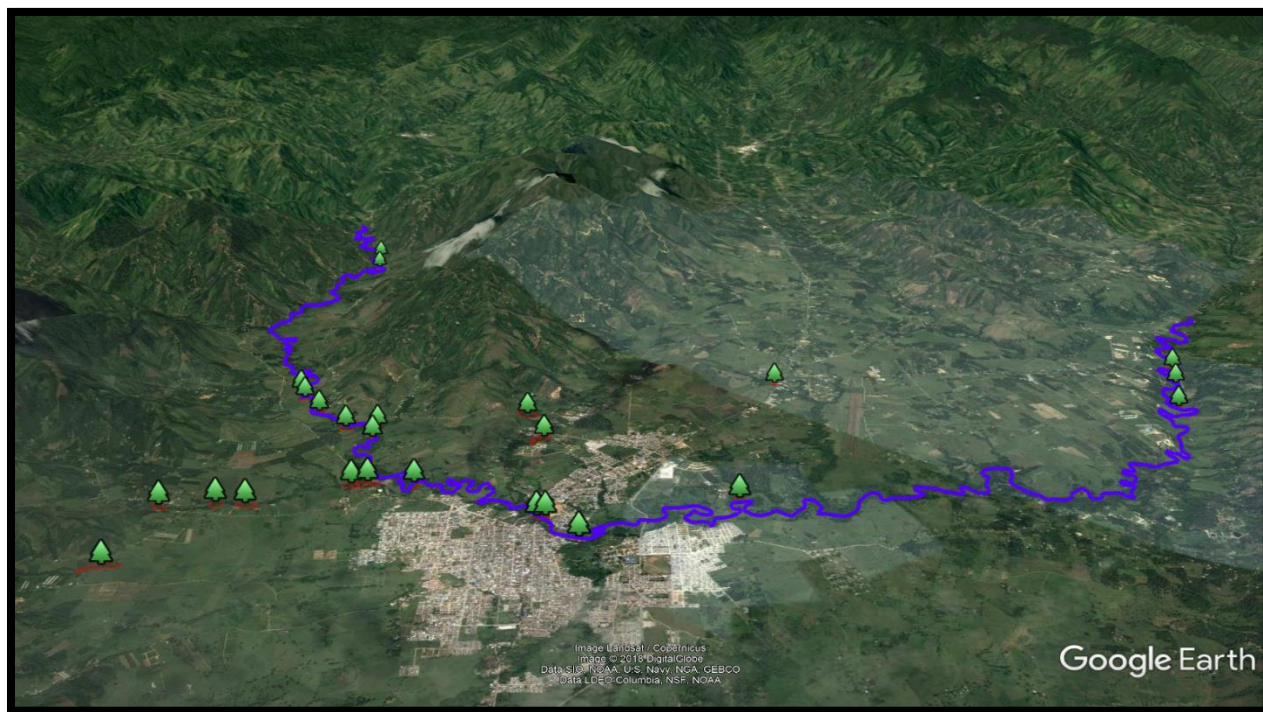
#### 4 MARCO LEGAL

La Ley 2811 de 1974 Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente y la Ley 99 de 1993 se resaltan los artículos 20, 21, 22, 23, y 24.	son las principales bases jurídica que dispone el recurso suelo para dar un sustento al desarrollo sostenible.  Mencionan la necesidad de organizar y mantener al día un sistema de información ambiental, con los datos físicos, económicos, sociales, legales y en general, a los recursos naturales renovables y al medio ambiente
Decreto 1791 de octubre 4 de 1996	Por medio del cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal.
La ley 99 de 1993 Creó el Sistema Nacional Ambiental (SINA)	Se define como el conjunto de orientaciones, normas, actividades, recursos, programas e instituciones que permiten la puesta en marcha de los principios generales ambientales contenidos en la Constitución Política de Colombia de 1991 y la ley 99 de 1993
Artículo 80 de la constitución política de Colombia de 1991.	El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.
ARTÍCULO 5o. de la ley 99 de 1993 FUNCIONES DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE.	Formular política nacional del medio ambiente y los recursos naturales renovables, establecer reglas y criterios de ordenamiento ambiental de uso del territorio y de los mares adyacentes, para asegurar el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del medio ambiente.
Decreto 1791 de octubre 4 de 1996.	Por medio del cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal.
Resolución D.G. n°. 186 de 2003.	Este reglamenta el manejo, aprovechamiento y establecimiento de guadua, caña brava y bambúes y se adoptan los términos de referencia para la elaboración de los planes de manejo, de aprovechamiento y los estudios técnicos.
Resolución 1740 de 24 de octubre de 2016. Estatuto Forestal del Huila	Establece lineamientos generales de manejo, aprovechamiento Guaduales y Bambusales naturales con fines de protección.
RESOLUCIÓN 1740 DE 2016	se establecen lineamientos generales para el manejo, aprovechamiento y establecimiento de guaduales y bambusales y se dictan otras disposiciones.
los artículos 79 y 80 de la Constitución Política de Colombia	Disponen que es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica, planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales

	para garantizar su desarrollo sostenible, conservación, restauración o sustitución y prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental.
Decreto 1076 de 2015, Artículo 2.2.1.1.10.2	“por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”, determinó que cada Corporación reglamentará lo relacionado con los aprovechamientos de especies y productos del bosque no maderables como guadua, cañabrava, bambú, palmas, chiquichiqui, cortezas, látex, resinas, semillas, entre otros.
Ley 139 de 1994 y el artículo 2.3.3.3 del Decreto 1071 de 2015	Es competencia del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural establecer lineamientos generales para el manejo, aprovechamiento y establecimiento de guaduales y bambusales, con el fin de fomentar la sostenibilidad del recurso.
Artículo 9 (MINAMBIENTE, 2011)	Los recursos naturales y demás elementos ambientales deben ser utilizados en forma eficiente, para lograr su máximo aprovechamiento con arreglo al interés general de la comunidad.
Ley No. 068 Senado 2018 Artículo 80	“El estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.



## 5 METODOLOGÍA



**Figura 2, Localización del área de estudio**

Fuente: Google Earth® modificado por autores

De acuerdo con (CAM, 2018) la cuenca del Río Guarapas está situada al sur del departamento del Huila en jurisdicción de los municipios de Palestina y Pitalito, con un área de 70.567 hectáreas, nace en el macizo colombiano en el flanco occidental de la cordillera oriental una altura aproximada de 2715 msnm en la vereda Villas del macizo en el Municipio de Palestina, recorre 71,4 km antes de llegar a su desembocadura en el río Magdalena a una altura de 1203 msnm en la vereda Chillurco del municipio de Pitalito, el área de estudio se desarrolló sobre la cuenca baja del río Guarapas.

Como se puede apreciar en la figura anterior de izquierda a derecha se muestra el flujo del río Guarapas donde se ubicó mediante símbolos cada uno de los puntos que fue tomado tanto para el muestreo como para la determinación de la composición de los rodales, la Figura 2, muestra la



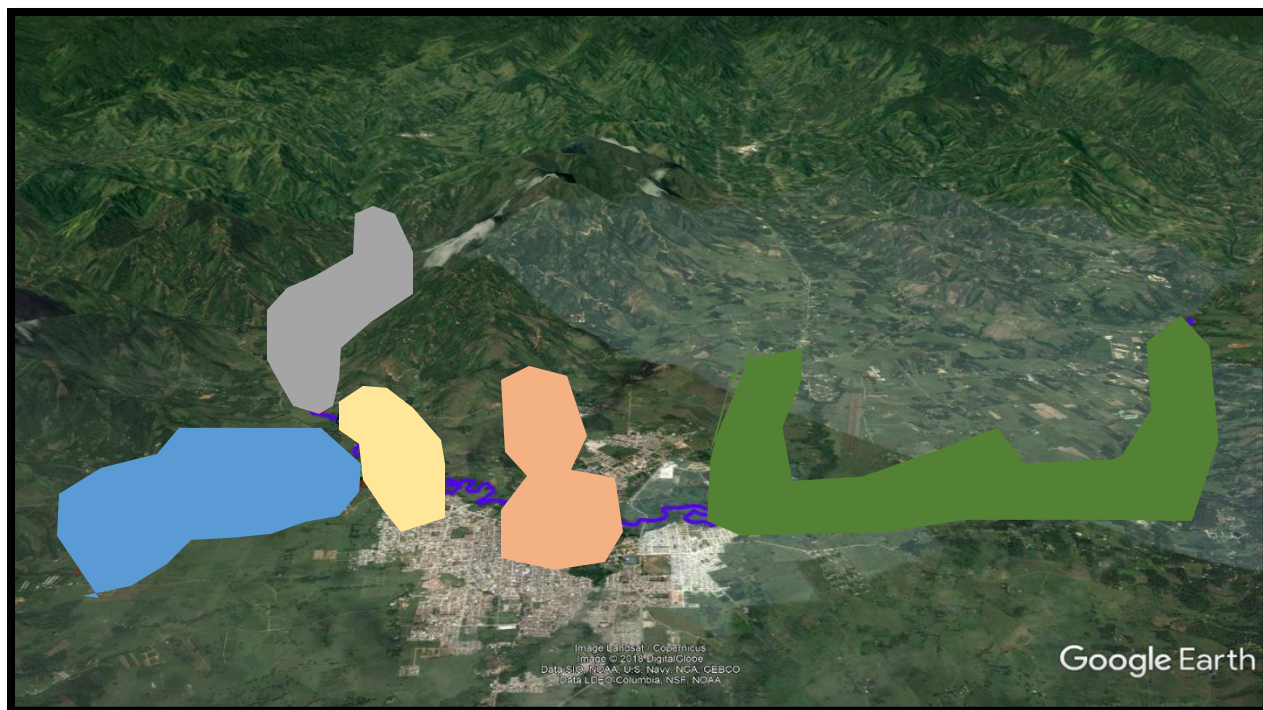
cuenca baja analizada para el presente estudio el cual incluye el casco urbano del Municipio de Pitalito desde los 1336 hasta los 1273 m.s.n.m.

### **5.1.1 Características climáticas del área de estudio.**

De acuerdo con CAM (2007) la caracterización biofísica de la cuenca hidrográfica del río Guarapas presenta condiciones de Temperatura media igual a 20,2 °C y régimen monomodal que varía de 21°C a 12°C de acuerdo al coeficiente de altura; Humedad Relativa promedio del 84% con régimen monomodal; Nubosidad alrededor de 6 octas, durante todo el año; registra una evaporación media de 90,4 mm; un valor medio de brillo solar de 120,9 horas; y la precipitación varía de los 1300 mm a 2100 mm anuales con una media de 1716,85 mm año<sup>-1</sup>.

### **5.1.2 Recolección de la Información**

Para la determinación de rodales a caracterizar se realizó un muestreo no probabilístico, el cual según Ander-Egg (1995), no está basada en una técnica matemática estadística, sino que depende del juicio o experiencias del investigador; para el caso de este estudio se tomó como base la caracterización previa de rodales establecida en estudios de Mendez, (2015), la cual cuenta con una base de datos de las áreas de rodales de guadua y la cantidad de productores dentro de la cuenca del Río Guarapas. Se tomaron 25 rodales como referencia sobre la cuenca baja, teniendo en cuenta la distribución actual de los rodales y su posición respecto a las características fisiográficas de la zona.



**Figura 3. Localización área de rodales**

Fuente: Google Earth® modificado por autores

A: parte más alta del tramo de la cuenca; B: tributarios del río Guarapas; C: parte anterior del casco urbano; D: rodales dentro del casco urbano; E: parte más baja del tramo de la cuenca

En la figura 3, se observa la forma como se realizó el muestreo de suelos asociados a los rodales de guadua en la cuenca baja del río Guarapas para establecer la relación entre ambos, luego de tomar las 25 muestras mediante técnicas *in situ* y *ex situ*, se llevaron a laboratorio para su análisis, posteriormente con el resultado de las 25 muestras se agruparon en bloques de 5 con respecto a la ubicación desde la parte izquierda a derecha del flujo del río Guarapas el cual incluye el casco urbano del Municipio de Pitalito y desemboca en el río Guachicos, y se diferencié cada uno de ellos con letras, en donde A, corresponde a la parte más alta del tramo de la cuenca evaluado, sobre el cauce del río guarapas; B, corresponde a uno de los tributarios del río Guarapas, denominado Quebrada Zanjones, C, corresponde a la parte anterior del casco urbano en donde se presentaba mayor cantidad de rodales de guadua; D, corresponde a aquellos rodales dentro del casco urbano sobre el cauce del río Guarapas y uno de sus tributarios denominado Quebrada Cálamo; y E,

corresponde a la parte más baja del tramo de la cuenca evaluado, sobre la desembocadura al río Magdalena

Para determinar la relación entre estado de los rodales de Guadua y las características del suelo, en la cuenca baja del río Guarapas se utilizaron los datos de la investigación desarrollada por (Noriega, 2018), sobre la composición de los rodales de guadua, los cuales son traídos a este estudio como referencias para correlacionar la información de las características del suelo, con los rodales de guadua presentes en la cuenca parte baja del río, el cual se realizó mediante conteo de guadua viche, madura, sobre madura, rebrote y cortada en 25 rodales de guadua.

## **5.2 Tratamiento de Datos**

El análisis de los datos se realizó a partir de la caracterización en cada uno de los sitios de muestreo (rodal), de manera que se identificaron las características de los suelos relacionados a la presencia de bosques naturales de guadua, dimensionando su ubicación. Se correlacionaron los datos obtenidos mediante análisis de varianza (ANAVA) con separación de medias LSD Fisher ( $p = <0,05$ ), en el programa estadístico Infostat versión estudiantil 2018. Posteriormente se realizó análisis multivariado para determinar la relación entre las características del suelo y los resultados de composición de los rodales en cuanto al inventario realizado previamente, mediante Matriz de Correlación – MC y Análisis de Componentes Principales – ACP.





**Figura 4.** Procedimiento para la caracterización de suelos y rodales de guadua

(Fuente: Autor)

A: muestreo con barreno; B: extracción de submuestras; C: manipulación submuestra; D: composición de la muestra; E: rotulación de la muestra; F: Conteo de la Guadua; G: identificación guadua sobremadura; H: identificación de renuevo o rebrote; I: Identificación de Chusquín

A excepción de la Textura, la cual fue determinada analíticamente por el método de Bouyoucos, las variables físicas fueron obtenidas por estimación, a través de la calculadora de clases texturales según el triángulo de texturas, en donde se utilizan los porcentajes de Arena y Arcilla como base de cálculo (Dr Calderon, 2002). Las variables obtenidas mediante esta técnica fueron: Capacidad de Campo (CC), Punto de Marchitez Permanente (PMP), Agua Disponible (AD) y Punto de Saturación (PS). Las variables químicas medidas fueron: pH (Potenciómetro), Acidez y Aluminio Intercambiable (KCl 1N), Carbono Orgánico (Walkey-Black), Fósforo asimilable (Bray II

modificado), Potasio, Calcio, Sodio y Magnesio (Acetato de amonio 1 N y neutro), Capacidad de Intercambio Catiónico (Acetato de amonio 1 N y neutro), y Saturación de bases intercambiables (Extracción con acetato de amonio 1 N y neutro), y Nitrógeno Total (Kjeldahl) (Zamudio et al. 2006).

También se realizó un muestreo por parcelas al azar en cada uno de los rodales para determinar las características de oferta y el estado de madurez de los culmos, de manera que se pudiera establecer la relación con las características del suelo, teniendo como objetivo la producción de guadua. La toma de datos se realizó mediante técnicas *in situ* y *ex situ*, directas e indirectas, de acuerdo con los métodos especificados para cada variable, para lo cual se realizó muestreo durante un periodo de tiempo no superior a 30 días, de manera que se garantizó un periodo homogéneo respecto a las condiciones climáticas en función del tiempo.

Para el análisis de los datos se utilizó el análisis multivariado de correlación canónica ya que se tienen dos grupos de variables; trece variables predictoras y seis variables criterio; en donde se vio la necesidad de utilizar este análisis multivariado, ante la limitación de un análisis de correlación múltiple; que da una perspectiva limitada, por tanto, este análisis multivariado, permitió estudiar los conjuntos de variables con una mayor profundidad, así este modelo multivalente sirvió para observar las interrelaciones existentes, permitiéndonos identificar la estructura que maximiza la relación entre los conjuntos de variable (Rodríguez, 2010 como se citó en Carbajal, 2019).

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$

Variables predictoras

$Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$

Variables Criterio

$$b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_pX_p$$

$X_p$

Variable canónica

*Conjunto 1*

$$a_1Y_1 + a_2Y_2 + a_3Y_3 + \dots + a_cY_c$$

$Y_c$

Variable canónica

*Conjunto 2*

$R_c$

Correlación Canónica

**Figura 5. Diagrama de relación de las variables criterio y predictoras para el análisis de correlación canónica.**

Fuente: ( Carvajal, 2019)

Elementos básicos a considerar para la interpretación de resultados:

1. Significancia estadística determinada por la lambda de Wilks ( $P < 0,05$ ).
2. La importancia valorada por las varianzas explicadas y coeficientes de correlación:
  - a. Entre variables canónicas.
  - b. Entre la variable canónica y sus propias variables
  - c. Y de forma cruzada entre la variable canónica y las otras variables.
3. Índices observados sustentados en un marco teórico que complementa la interpretación de resultados.

De acuerdo al diagrama del modelo, primero se determinó el lambda ( $\lambda$ ) de Wilks (Figura 5) para determinar la cantidad de funciones canónicas que resultaron significativas, posteriormente se observó el coeficiente de correlación canónico para determinar la importancia de la correlación, se recurrió a la observación de los coeficientes de trazo y de redundancia para ver el índice de explicación que dan las variables canónicas tanto del conjunto de las variables que lo componen expresado por el coeficiente de trazo como del otro conjunto expresado por el coeficiente de redundancia, (Rodríguez, 2010 como se citó en Carbajal, 2019).

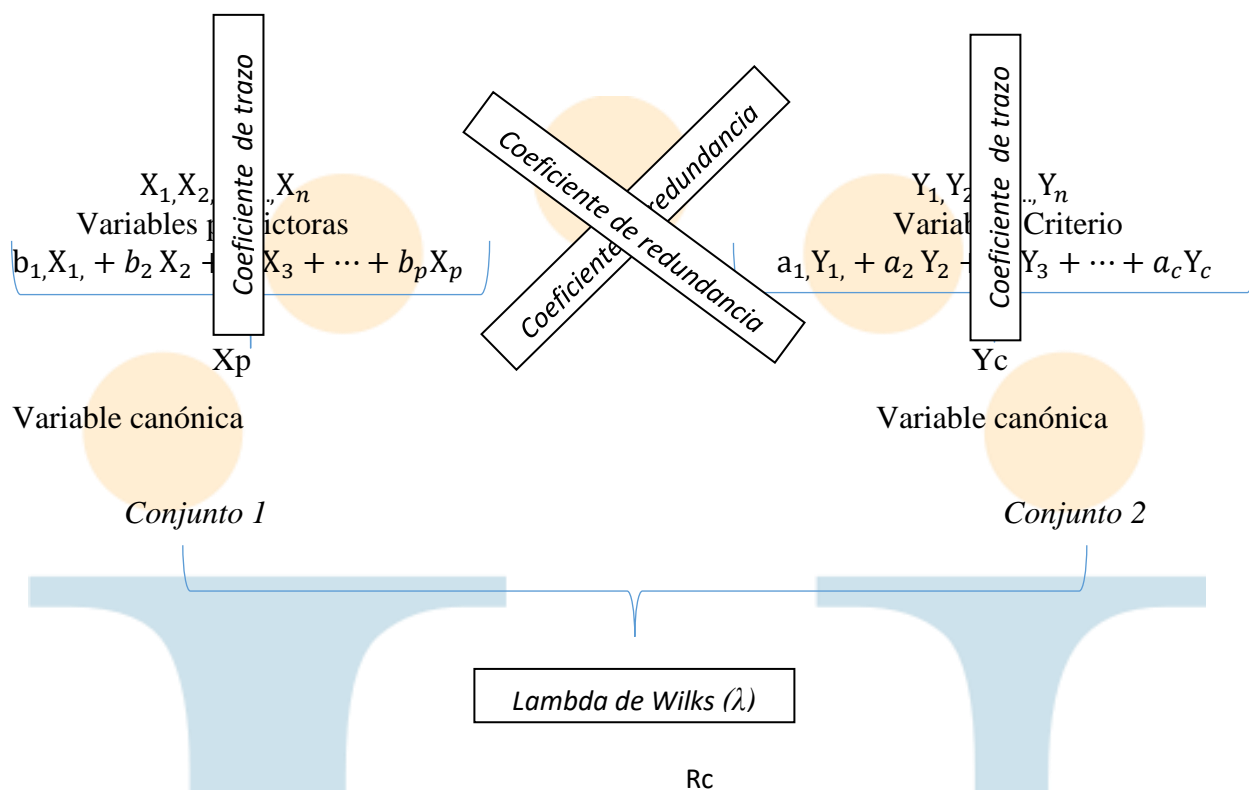


Figura 6 Diagrama de interpretación del análisis de correlación canónica.

Fuente: ( Carvajal, 2019)

### 5.2.1 Análisis multivariado de la correlación canónica

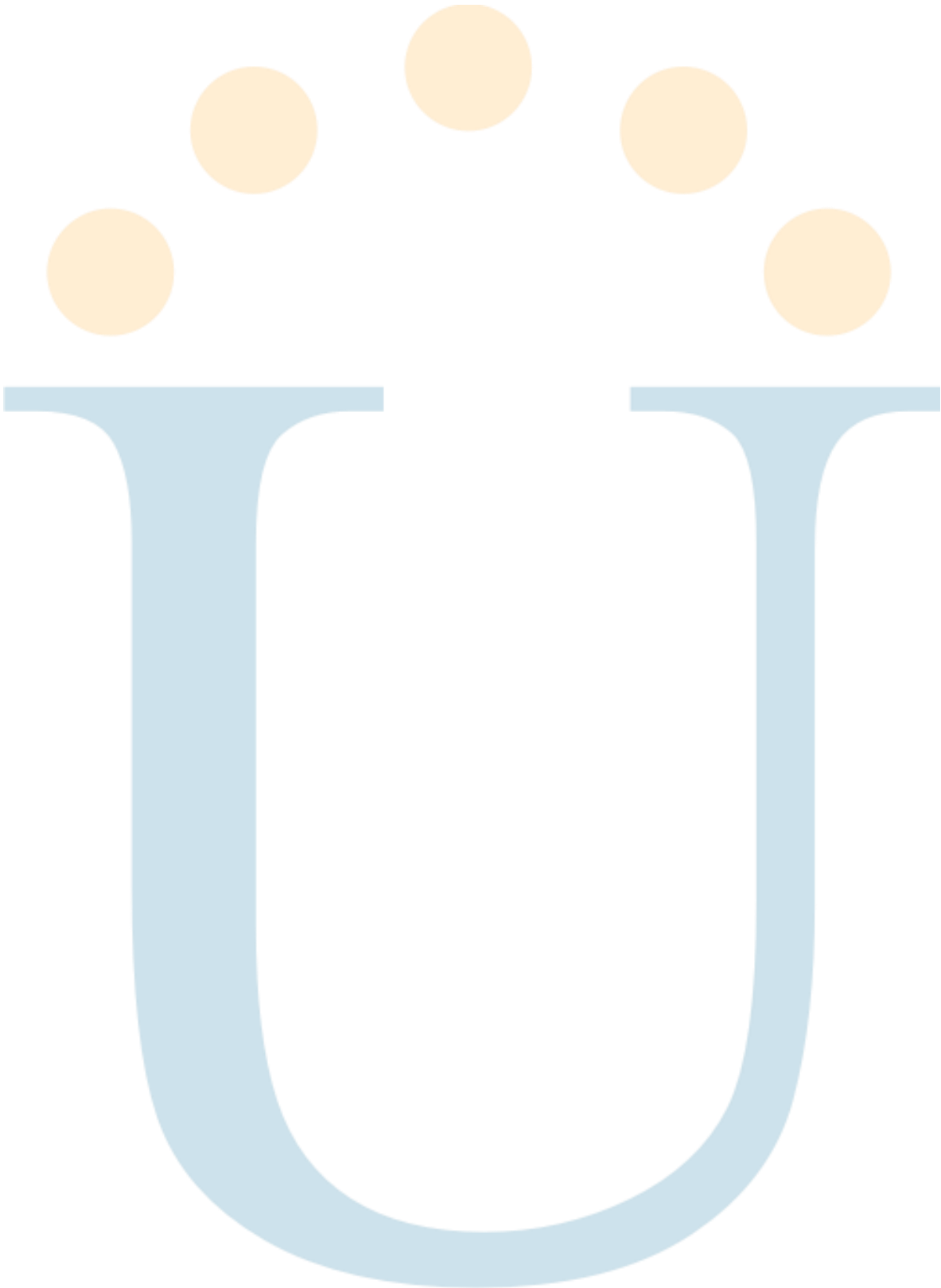
La técnica del análisis de la correlación canónica se entiende mejor considerándola como una extensión de la regresión múltiple y de la correlación. El análisis de regresión múltiple consiste en encontrar la mejor combinación lineal de  $p$  variables predictoras,  $X_1, X_2, \dots, X_p$ , para predecir la variable criterio  $Y$ , (UDC. es, 2015). 22 La correlación múltiple es la correlación simple entre  $Y$  y sus valores estimados por la ecuación de regresión  $\hat{Y}$ . Por tanto, el objetivo en los análisis de regresión y correlación múltiple está en examinar la relación entre varias variables  $X$  y una variable  $Y$ . El análisis de correlación canónica se aplica a situaciones donde es apropiada la técnica de la regresión, pero para más de una variable dependiente. Aunque otra aplicación del análisis de correlación canónica es como un método para determinar la asociación entre dos grupos de



variables. Es una generalización de la regresión múltiple al caso de más de una variable dependiente, (UDC. es, 2015). Este análisis está íntimamente relacionado con el análisis canónico discriminante y tiene ciertas propiedades análogas al análisis de componentes principales y al análisis factorial, en el que en lugar de tratar de estudiar las dependencias internas entre las variables de un mismo grupo en el caso de la correlación canónica lo que se estudia es la relación o dependencia entre dos grupos de variables (UDC. es, 2015). Se debe recordar que el análisis de regresión múltiple trata de encontrar la combinación lineal de  $p$  variables,  $X_1, X_2, \dots, X_p$ , que mejor predigan la variable  $Y$ . El coeficiente de correlación múltiple es la correlación simple entre  $Y$  y su predicción por medio de la ecuación de regresión. En cambio, el análisis de correlación canónica se examina la relación lineal entre un grupo de variables  $X$  y un grupo o más de un grupo de variables  $Y$ . Por lo que la diferencia es que ahora se tiene más de una variable  $Y$ . La técnica consiste en encontrar una combinación lineal de las variables  $X$  ( $V_1 = b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_pX_p$ ) y otra combinación lineal de las variables  $Y$  ( $U_1 = a_1Y_1 + a_2Y_2 + \dots + a_qY_q$ ) de tal manera que la correlación entre  $U$  y  $V$  sea máxima. Después encontrar otras dos combinaciones lineales para cada grupo de variable que tenga correlación máxima y así sucesivamente se encuentran un conjunto de combinaciones lineales para cada grupo de variables que tienen correlación máxima. A estas combinaciones lineales se denominan variables canónicas, y las correlaciones entre los correspondientes pares de variables canónicas se denominan correlaciones canónicas, (UDC. es, 2015). En una aplicación común de esta técnica las  $Y$  se interpretan como variables criterio, mientras que las variables  $X$  representan variables predictivas. Las variables  $Y$  23 pueden ser más dificultosas de medir que  $X$  como ocurre con los problemas de calibración. El análisis de correlación canónica se aplica a situaciones en las que es adecuada la técnica de la regresión, pero existe más de una variable dependiente. Otra aplicación útil es para probar la independencia entre



los dos grupos de variables, Y y X, (Badii, Castillo, Cortez, Wong, & Villalpando, 2007 como se citó en Carbajal, 2019).



## 6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Caracterización de suelos

Aquí se presentan los resultados de cada una de las variables analizadas, donde inicialmente se muestra el consolidado del análisis de varianza para cada una de las características objeto de estudio en cada uno de los bloques definidos para el análisis estadístico. Seguidamente se presenta un análisis individual de las variables con una discusión frente a datos encontrados por otros investigadores que se toman como una referencia, puesto que en la zona de estudio no existen otras investigaciones que puedan permitir una discusión más profunda sobre este tema.

**Cuadro 1. Análisis de varianza – Características del suelo en la cuenca baja del río Guarapas.**

Variable	Bloque A		Bloque B		Bloque C		Bloque D		Bloque E	
	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.
Aluminio *	0.26	0.16	-0.02	0.16	0.03	0.16	0.03	0.16	0.74	0.16
Boro *	0.38	0.20	1.27	0.20	0.68	0.20	0.64	0.20	0.35	0.20
Fosforo	15.75	8.43	30.27	8.43	12.60	8.43	26.91	8.43	18.67	8.43
Calcio *	5.23	1.37	8.39	1.37	5.31	1.37	5.51	1.37	11.39	1.37
Magnesio	2.81	0.54	2.74	0.54	2.57	0.54	2.56	0.54	3.82	0.54
Sodio	3.35	2.58	0.17	2.58	6.47	2.58	6.39	2.58	0.26	2.58
Potasio	0.27	1.59	0.15	1.59	0.57	1.59	6.09	1.59	0.22	1.59
Cobre *	1.44	0.18	1.38	0.18	0.38	0.18	0.77	0.18	0.85	0.18
Hierro	46.66	12.8	61.40	12.80	81.04	12.80	84.95	12.80	100.8	12.8
Manganeso *	35.74	3.90	30.00	3.90	22.29	3.90	14.29	3.90	14.32	3.90
Zinc *	3.18	0.83	5.85	0.83	2.08	0.83	1.70	0.83	2.87	0.83
Materia Org *	2.74	0.45	4.76	0.45	3.97	0.45	2.81	0.45	2.88	0.45
Nitrógeno	0.13	0.02	0.23	0.02	0.19	0.02	0.13	0.02	0.14	0.02
Saturación *	0.45	0.01	0.41	0.01	0.42	0.01	0.40	0.01	0.47	0.01
Cap. Campo *	0.23	0.02	0.20	0.02	0.21	0.02	0.18	0.02	0.27	0.02
D. Aparente	1.25	0.10	1.55	0.10	1.53	0.10	1.60	0.10	1.40	0.10
P Marchitez *	0.13	0.01	0.09	0.01	0.09	0.01	0.06	0.01	0.15	0.01
C.I.C.E.	15.32	2.37	16.52	2.37	16.74	2.37	13.58	2.37	18.46	2.37
Arena	61.84	6.07	64.74	6.07	61.99	6.07	70.70	6.07	52.11	6.07
Arcilla *	20.99	2.82	12.10	2.82	12.91	2.82	9.27	2.82	26.06	2.82
Limo	17.17	4.85	23.16	4.85	25.10	4.85	20.03	4.85	21.82	4.85
Textura	2.60	0.53	2.60	0.53	1.60	0.53	2.80	0.53	2.60	0.53
pH *	5.48	0.17	6.07	0.17	5.48	0.17	5.81	0.17	5.21	0.17
Conduct. *	0.92	0.78	2.87	0.78	2.59	0.78	4.17	0.78	0.60	0.78
Agua Disp.	100.0	8.54	107.39	8.54	110.2	8.54	100.3	8.54	111.4	8.54

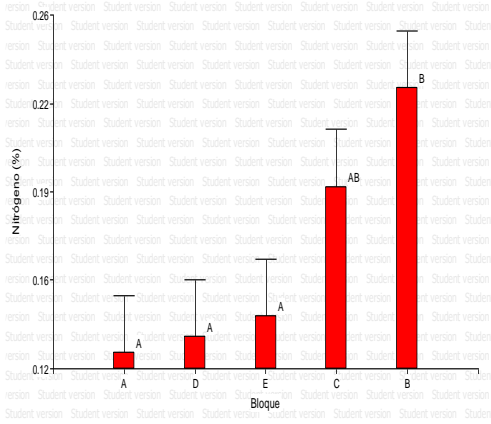
El Cuadro 1, muestra las variables físicas y químicas que fueron objeto del estudio, donde se muestra el valor de los promedios y el error estándar, finalmente a través de \* se muestran las variables que presentaron diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en cada uno de los 5 bloques.

## 6.2 Análisis de variables químicas

### 6.2.1 Nitrógeno

Aunque se observan diferencias en el comportamiento y concentración de las muestras colectadas para cada uno de los tratamientos evaluados, de acuerdo con el Cuadro 2, las medias de los bloques A, D y E se comportan estadísticamente homogéneas con un promedio de 0,13 % a diferencia de los bloques B y C donde hay un incremento en la concentración del 0,23 % para la variable Nitrógeno, de acuerdo con el análisis de varianza se determina que no hay diferencia significativa para la variable N ya que el valor de ( $p > 0,05$ ). Lo indicado anteriormente coincide con lo observado por (Jimenez, Medina, & Sánchez, 2011) quienes encontraron que en la Cuenca Baja del río Valdivia los macronutrientes como el N promedio dieron valores de 0.11 %.

**Cuadro 2. Análisis estadístico de la variable Nitrógeno**

<h3>Nitrógeno (%)</h3> <table><thead><tr><th>Variable</th><th>N</th><th>R<sup>2</sup></th><th>Adj R<sup>2</sup></th><th>CV</th></tr></thead><tbody><tr><td>Nitrógeno (%)</td><td>25</td><td>0,44</td><td>0,33</td><td>30,07</td></tr></tbody></table> <h3>Analysis of variance table (Partial SS)</h3> <table><thead><tr><th>S.V.</th><th>SS</th><th>df</th><th>MS</th><th>F</th><th>p-value</th></tr></thead><tbody><tr><td>Model.</td><td>0,04</td><td>4</td><td>0,01</td><td>3,96</td><td>0,0159</td></tr><tr><td>Bloque</td><td>0,04</td><td>4</td><td>0,01</td><td>3,96</td><td>0,0159</td></tr><tr><td>Error</td><td>0,05</td><td>20</td><td>2,5E-03</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Total</td><td>0,09</td><td>24</td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table>						Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV	Nitrógeno (%)	25	0,44	0,33	30,07	S.V.	SS	df	MS	F	p-value	Model.	0,04	4	0,01	3,96	0,0159	Bloque	0,04	4	0,01	3,96	0,0159	Error	0,05	20	2,5E-03			Total	0,09	24				 <table><thead><tr><th>Bloque</th><th>Nitrógeno (%)</th><th>Letter</th></tr></thead><tbody><tr><td>A</td><td>0.13</td><td>A</td></tr><tr><td>D</td><td>0.13</td><td>A</td></tr><tr><td>E</td><td>0.13</td><td>A</td></tr><tr><td>C</td><td>0.23</td><td>AB</td></tr><tr><td>B</td><td>0.23</td><td>B</td></tr></tbody></table>		Bloque	Nitrógeno (%)	Letter	A	0.13	A	D	0.13	A	E	0.13	A	C	0.23	AB	B	0.23	B
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV																																																													
Nitrógeno (%)	25	0,44	0,33	30,07																																																													
S.V.	SS	df	MS	F	p-value																																																												
Model.	0,04	4	0,01	3,96	0,0159																																																												
Bloque	0,04	4	0,01	3,96	0,0159																																																												
Error	0,05	20	2,5E-03																																																														
Total	0,09	24																																																															
Bloque	Nitrógeno (%)	Letter																																																															
A	0.13	A																																																															
D	0.13	A																																																															
E	0.13	A																																																															
C	0.23	AB																																																															
B	0.23	B																																																															
Resultado ANAVA (Infostat, 2017)						Medias con letra en común no son significativamente diferentes (p > 0.05)																																																											

### 6.2.2 Aluminio

Como se muestra en el Cuadro 3, las medias para la variable Aluminio no presentan una variación representativa entre cada uno de los bloques, sin embargo el bloque B, desciende con respecto de los bloques C y D que se comportan estadísticamente iguales y aumenta las medias de los bloques A y E tal como se observa en la gráfica, de acuerdo con el análisis de varianza se observan diferencias en el comportamiento de la variable Aluminio ya que el valor de ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro 3. Análisis estadístico de la variable Aluminio**

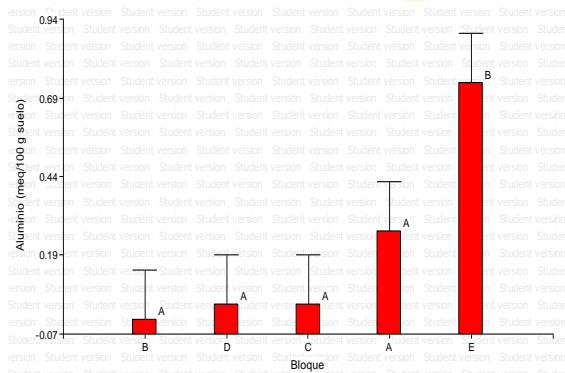
Aluminio (meq/100 g suelo)					
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV	
Aluminio (meq/100 g suelo)	25	0.44	0.33	170.77	

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	2.00	4	0.50	3.96	0.0158
Bloque	2.00	4	0.50	3.96	0.0158
Error	2.52	20	0.13		
Total	4.52	24			

Resultado ANAVA (Infostat, 2017)

Medias con letra en común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

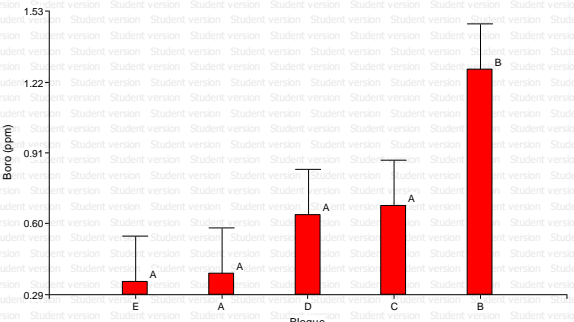


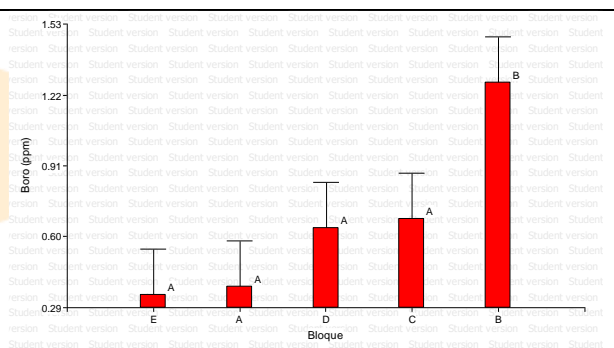
### 6.2.3 Boro

Como se muestra en el Cuadro 4, el análisis estadístico muestra una variación de (ppm), en la concentración para la variable Boro, entre los bloques A y E se encuentra promedios de 17,7 con respecto de los bloques C y D los cuales presentan aumento, pero se ve reflejado mayormente en el bloque B con un 25,10 ppm incremento significativo con respecto de los anteriores bloques, al observar el análisis de varianza se puede determinar que hay diferencia significativa para la variable Boro, ya que el valor de ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro 4. Análisis estadístico de la variable Boro**

<b>Boro (ppm)</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV	
Boro (ppm)	25	0.40	0.29	67.46	
<b>Analysis of variance table (Partial SS)</b>					
S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	2.73	4	0.68	3.40	0.0283
Bloque	2.73	4	0.68	3.40	0.0283
Error	4.01	20	0.20		
Total	6.74	24			
Resultado ANAVA (Infostat, 2017)					

					
Medias con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )					



## 6.2.4 Fosforo

De acuerdo con la información del Cuadro 5, se observa que los promedios de los 5 bloques evaluados va en forma ascendente iniciando desde el bloque C, con un valor de 12,60 (ppm) seguido de los bloques A, E, D y aún más aumenta las (ppm) de la variable en el bloque B, el con un promedio de 30,27 es decir independientemente de donde este el rodal en la cuenca en realidad la variable se comporta estadísticamente igual, por tanto no hay diferencia significativa para la variable Fosforo ya que el valor de ( $p > 0,05$ ) tal como se observa en el análisis de varianza. Lo mencionado coincide con los rangos obtenidos por (Jimenez, Medina, & Sánchez, 2011) quienes encontraron que en la Cuenca baja del río Valdivia los macronutrientes como el P promedio dieron valores de 9.94 ppm respectivamente.

**Cuadro 5. Análisis estadístico de la variable Fosforo**

Fósforo (ppm)				
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV
Fósforo (ppm)	25	0.14	0.00	90.43

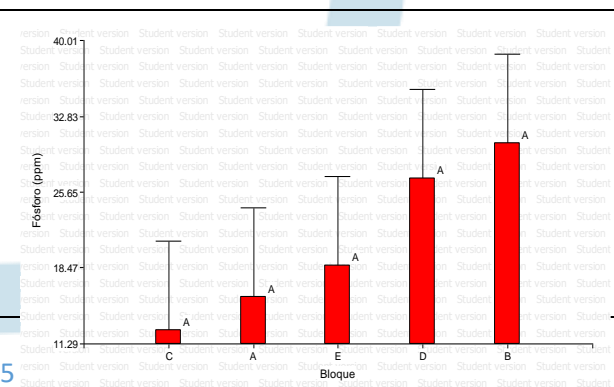
Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	1121.83	4	280.46	0.79	0.5454
Bloque	1121.83	4	280.46	0.79	0.5454
Error	7101.88	20	355.09		

Bar chart showing Fósforo (ppm) for five blocks (C, A, E, D, B). The y-axis ranges from 11.29 to 40.01 ppm. The bars are red with black error bars. Letters A, B, C, D, and E are placed above the bars to indicate statistical significance groups.

Bloque	Fósforo (ppm)	Significance Group
C	~12.5	C
A	~18.5	A
E	~25.5	E
D	~32.5	D
B	~38.5	B

35



Total	8223.71 24
Resultado ANAVA (Infostat, 2017)	Medias con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### 6.2.5 Calcio

La variable Calcio se comporta estadísticamente homogénea entre los bloques A, C y D a diferencia de los bloques B y E donde las medias muestran un aumento en la concentración de Calcio tal como se observa en el Cuadro 6, por tanto se determina que hay diferencia significativa para la variable Calcio, ya que el valor de ( $p < 0,05$ ) es decir que independientemente de donde se encuentre ubicado el rodal en la cuenca baja del río en realidad la variable es indiferente con el rodal de guadua.

**Cuadro 6. Análisis estadístico de la variable Calcio**

Calcio (meq/100 g suelo)						
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV		
Calcio (meq/100 g suelo)	25	0.44	0.33	42.6		
<b>Analysis of variance table (Partial SS)</b>						
S.V.	SS	df	MS	F	p-value	
Model.	146.19	4	36.55	3.91	0.0167	
Bloque	146.19	4	36.55	3.91	0.0167	
Error	187.08	20	9.35			
Total	333.27	24				
Resultado ANAVA (Infostat, 2017)						Medias con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

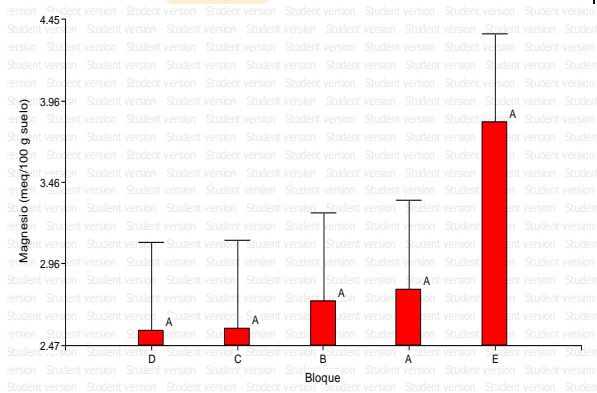
### 6.2.6 Magnesio

Al realizar la comparación de las medias para la variable Magnesio se observa que no hay una variación sustancial entre los bloques D, C y B con respecto de los bloques A y E que si muestran una alta variabilidad y más aún con el último bloque como se puede observar en el Cuadro 7, de acuerdo con el análisis de varianza se determina que no hay diferencia significativa para la variable Magnesio, ya que el valor de ( $p > 0,05$ ). Lo mencionado anteriormente no coincide con lo

reportado por (Pineda, Elizalde , & Viloria, 2011) donde se encontró que los suelos en diferentes unidades litogeomorfológicas con el mismo tipo de relieve mostraron diferencias significativas de Mg.

**Cuadro 7. Análisis estadístico de la variable Magnesio**

Magnesio (meq/100 g suelo)					
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV	
Magnesio (meq/100 g suelo)..			25	0.16	
0.00	41.66				
Analysis of variance table (Partial SS)					
S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	5.60	4	1.40	0.96	0.4510
Bloque	5.60	4	1.40	0.96	0.4510
Error	29.15	20	1.46		
Total	34.75	24			
Resultado ANAVA (Infostat, 2017)			Medias con letra en común no son significativamente diferentes (p > 0,05)		

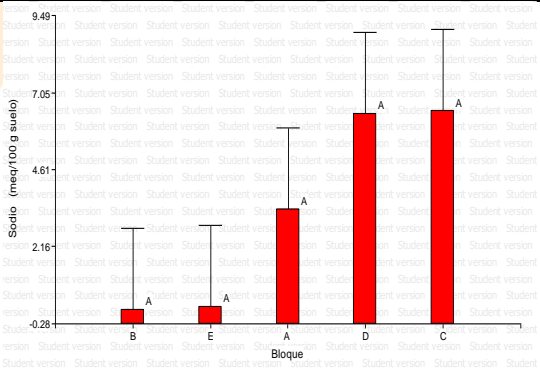


### 6.2.7 Sodio

No se encuentra el nivel de confianza necesario para garantizar las diferencias significativas entre las medias analizadas para la variable Sodio tal como se observa en el Cuadro 8, ya que el valor de ( $p > 0,05$ ) pero si se encontró diferencia entre los rodales de los 5 bloques evaluados, es decir que los bloques D y C, B y A son relativamente iguales a diferencia del bloque E que muestra un aumento en la concentración superior a las anteriores, es decir que la variable estadísticamente se comporta diferente dependiendo la ubicación en la que se encuentra dentro de la cuenca baja del río Guarapas. El anterior dato varía con lo reportado por (Pineda, Elizalde , & Viloria, 2011) donde se encontró que los suelos en diferentes unidades litogeomorfológicas con el mismo tipo de relieve mostraron diferencias significativas de Na.

**Cuadro 8. Análisis estadístico de la variable Sodio**

<b>Sodio (meq/100 g suelo)</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV	
Sodio (meq/100 g suelo)	25	0.23	0.07	173.52	
<b>Analysis of variance table (Partial SS)</b>					
S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	193.36	4	48.34	1.45	0.2539
Bloque	193.36	4	48.34	1.45	0.2539
Error	665.86	20	33.29		
Total	859.22	24			

	
Bloque	

Resultado ANAVA (Infostat, 2017)	Medias con letra en común no son significativamente diferentes (p > 0.05)
----------------------------------	---

### 6.2.8 Potasio

De acuerdo con los resultados obtenidos en el Cuadro 9, se observa un constante incremento en las medias para la variable Potasio, tanto en los bloques B, E y A como en los bloques C y D presentándose incremento mayor en el último bloque con respecto de los anteriores, según el análisis de varianza no hay diferencia significativa para dicha variable ya que el valor de ( $p > 0,05$ ), es decir que la variable es indiferente independientemente de donde este el rodal ubicado en la cuenca baja del río.

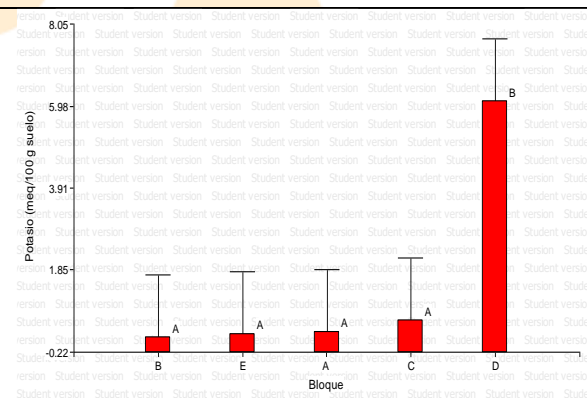
Como se puede evidenciar en otros estudios como lo reportado con (Pineda, Elizalde, & Viloria, 2011) quienes no encontraron diferencias significativas entre los suelos ubicados en distintos tipos de relieve; pero cuando se consideraron las interacciones entre unidades litogeomorfológicas y tipos de relieve, se encontraron diferencias significativas en KCl.



**Cuadro 9. Análisis estadístico de la variable Potasio**

Potasio (meq/100 g suelo)					
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV	
Potasio (meq/100 g suelo)	25	0.35	0.22	242.55	
Analysis of variance table (Partial SS)					
S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	134.29	4	33.57	2.67	0.0619
Bloque	134.29	4	33.57	2.67	0.0619
Error	251.23	20	12.56		
Total	385.52	24			
Resultado ANAVA (Infostat, 2017)					

Medias con letra en común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					
---	--	--	--	--	--

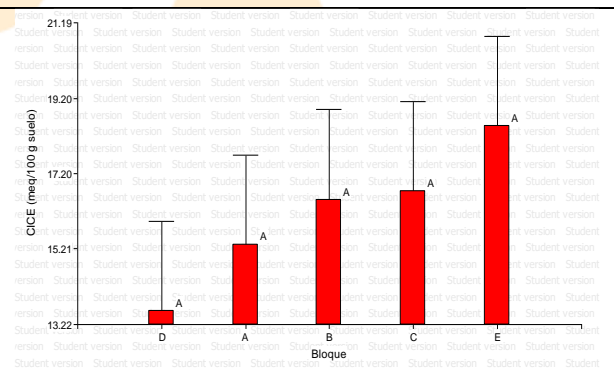


## 6.2.9 CICE

De acuerdo con los resultados obtenidos en el Cuadro 10, las medias para la variable CICE va aumentando en cada uno de los 5 bloques estudiados, tal como se observa en la gráfica el rango aumenta en orden de menor a mayor a partir del bloque D y A, muy homogéneos los siguientes bloques B y C Pero se incrementa las medias del bloque A, de acuerdo con el análisis de varianza no se muestran diferencias significativas para dicha variable ya que el valor de ( $p > 0,05$ ) estadísticamente la variable se comporta igual en cada uno de los rodales estudiados sobre la cuenca baja del río. Dato que se contradice con lo reportado por (Pineda, Elizalde , & Viloria, 2011) donde encontraron que los suelos ubicados en distintas unidades litogeomorfológicas resultaron significativamente diferentes en algunas propiedades químicas del suelo como capacidad de intercambio catiónico.

**Cuadro 10. Análisis estadístico de la variable CICE**

CICE (meq/100 g suelo)					
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV	
CICE (meq/100 g suelo)	25	0.10	0.00	32.80	
Analysis of variance table (Partial SS)					
S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	65.57	4	16.39	0.59	0.6764
Bloque	65.57	4	16.39	0.59	0.6764
Error	559.43	20	27.97		
Total	625.00	24			
Resultado ANAVA (Infostat, 2017)				Medias con letra en común no son significativamente diferentes (p > 0.05)	

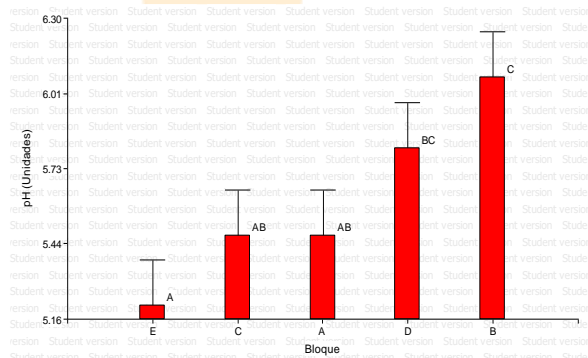


### 6.2.10 pH

Se observan diferencias en el comportamiento de la variable pH entre cada uno de los rodales analizados, tal como se observa en el Cuadro 11, las medias se comportan homogéneas entre los bloques C y A con diferencia del primer bloque E y aún más con los bloques D y B donde hay un aumento y cambios en la concentración de la variable, dicha información se corrobora con el análisis de varianza donde se observa que la variable pH presenta diferencia significativa ya que el valor de ( $p < 0,05$ ), es decir que no hay una influencia de los rodales de guadua sobre la variable en ninguno de los sitios evaluados. Lo anterior es inversamente a lo encontrado en estudios de (Pineda, Elizalde, & Vilorio, 2011) donde no se encontraron diferencias significativas entre los suelos ubicados en distintos tipos de relieve; pero cuando se consideraron las interacciones entre unidades litogeomorfológicas y tipos de relieve, se encontraron diferencias significativas en pH.

**Cuadro 11. Análisis estadístico de la variable pH**

<p>pH (Unidades)</p> <table><tr><th>Variable</th><th>N</th><th>R<sup>2</sup></th><th>Adj R<sup>2</sup></th><th>CV</th></tr><tr><td>pH (Unidades)</td><td>25</td><td>0.43</td><td>0.32</td><td>6.81</td></tr></table>						Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV	pH (Unidades)	25	0.43	0.32	6.81	<table border="1"><caption>Data for pH (Unidades) Bar Chart</caption><thead><tr><th>Treatment</th><th>pH (Unidades)</th><th>Significance Group</th></tr></thead><tbody><tr><td>E</td><td>~5.35</td><td>E</td></tr><tr><td>C</td><td>~5.45</td><td>C</td></tr><tr><td>A</td><td>~5.45</td><td>A</td></tr><tr><td>D</td><td>~5.85</td><td>D</td></tr><tr><td>B</td><td>~6.15</td><td>B</td></tr></tbody></table>						Treatment	pH (Unidades)	Significance Group	E	~5.35	E	C	~5.45	C	A	~5.45	A	D	~5.85	D	B	~6.15	B		
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV																																					
pH (Unidades)	25	0.43	0.32	6.81																																					
Treatment	pH (Unidades)	Significance Group																																							
E	~5.35	E																																							
C	~5.45	C																																							
A	~5.45	A																																							
D	~5.85	D																																							
B	~6.15	B																																							
<p>Analysis of variance table (Partial SS)</p> <table><tr><th>S.V.</th><th>SS</th><th>df</th><th>MS</th><th>F</th><th>p-value</th></tr><tr><td>Model.</td><td>2.24</td><td>4</td><td>0.56</td><td>3.84</td><td>0.0180</td></tr><tr><td>Bloque</td><td>2.24</td><td>4</td><td>0.56</td><td>3.84</td><td>0.0180</td></tr><tr><td>Error</td><td>2.92</td><td>20</td><td>0.15</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Total</td><td>5.16</td><td>24</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>						S.V.	SS	df	MS	F	p-value	Model.	2.24	4	0.56	3.84	0.0180	Bloque	2.24	4	0.56	3.84	0.0180	Error	2.92	20	0.15			Total	5.16	24									
S.V.	SS	df	MS	F	p-value																																				
Model.	2.24	4	0.56	3.84	0.0180																																				
Bloque	2.24	4	0.56	3.84	0.0180																																				
Error	2.92	20	0.15																																						
Total	5.16	24																																							
<p>Resultado ANAVA (Infostat, 2017)</p>						<p>Medias con letra en común no son significativamente diferentes (<math>p &gt; 0,05</math>)</p>																																			



### 6.2.11 Cobre

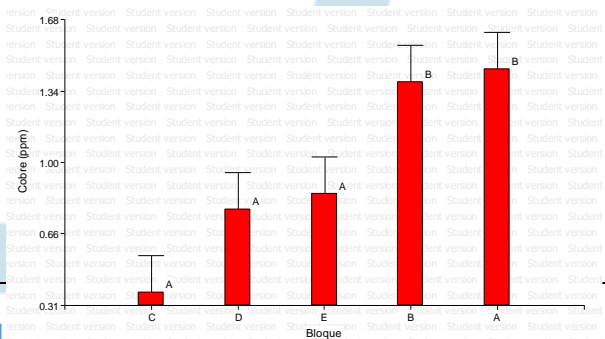
De acuerdo con los resultados obtenidos en el Cuadro 12, se observa que las medias para la variable Cobre va aumentando en cada uno de los 5 bloques estudiados, inicia el bloque C con 0,38 (ppm), no hay cambios significativos entre los bloques D y E, con diferencia de los bloques B y A que cuentan con (1,38 y 1,48 ppm) y aunque se comportan relativamente iguales son estadísticamente diferentes, resultado del análisis de varianza donde se puede observar que hay diferencias en el comportamiento de la variable para cada uno de los rodales ya que el valor de ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro 12. Análisis estadístico de la variable Cobre**

<b>Cobre (ppm)</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV	
Cobre (ppm)	25	0,56	0,48	40,78	
<b>Analysis of variance table (Partial SS)</b>					
S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	3,99	4	1,00	6,45	0,0017
Bloque	3,99	4	1,00	6,45	0,0017

Resultado ANAVA (Infostat, 2017)

Medias con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )



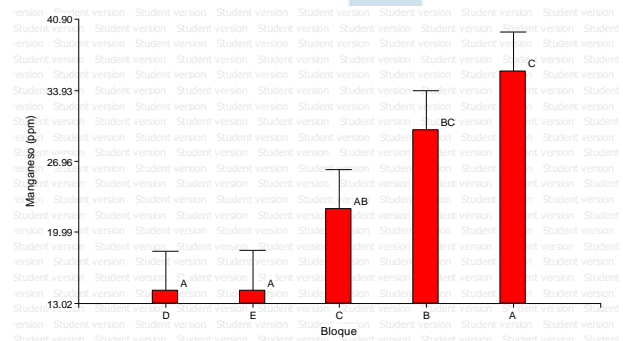
Error	3,09	20	0,15	
Total	7,07	24		
Resultado ANAVA (Infostat, 2017)				Medias con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### 6.2.12 Manganese

la variable Manganese se comporta estadísticamente diferente, tal como se observa en el Cuadro 13, los promedios se comportan relativamente iguales entre los bloques D y E con 14,39 y 14,32 ppm, se incrementa en los bloques C y B y mayormente con el último bloque A (35,74 ppm), según el análisis de varianza se encontró diferencia significativa para la variable Manganese, ya que el valor de ( $p < 0,05$ ), es decir que si hay cambios con respecto de la ubicación en cada uno de los rodales estudiados sobre la cuenca baja del río Guarapas.

**Cuadro 13. Análisis estadístico de la variable Manganese**

<div>Manganeso (ppm)</div> <table><thead><tr><th>Variable</th><th>N</th><th>R<sup>2</sup></th><th>Adj R<sup>2</sup></th><th>CV</th></tr></thead><tbody><tr><td>Manganeso (ppm)</td><td>25</td><td>0,54</td><td>0,45</td><td></td></tr><tr><td>37,35</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table> <div>Analysis of variance table (Partial SS)</div> <table><thead><tr><th>S.V.</th><th>SS</th><th>df</th><th>MS</th><th>F</th><th>p-value</th></tr></thead><tbody><tr><td>Model.</td><td>1811,80</td><td>4</td><td>452,95</td><td>5,97</td><td>0,0025</td></tr><tr><td>Bloque</td><td>1811,80</td><td>4</td><td>452,95</td><td>5,97</td><td>0,0025</td></tr><tr><td>Error</td><td>1518,51</td><td>20</td><td>75,93</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Total</td><td>3330,31</td><td>24</td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table>						Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV	Manganeso (ppm)	25	0,54	0,45		37,35					S.V.	SS	df	MS	F	p-value	Model.	1811,80	4	452,95	5,97	0,0025	Bloque	1811,80	4	452,95	5,97	0,0025	Error	1518,51	20	75,93			Total	3330,31	24				<table border="1"><caption>Manganese (ppm) by Block</caption><thead><tr><th>Block</th><th>Manganese (ppm)</th><th>Significance Group</th></tr></thead><tbody><tr><td>D</td><td>~13.5</td><td>A</td></tr><tr><td>E</td><td>~14.0</td><td>A</td></tr><tr><td>C</td><td>~21.5</td><td>AB</td></tr><tr><td>B</td><td>~30.5</td><td>BC</td></tr><tr><td>A</td><td>~38.5</td><td>C</td></tr></tbody></table>						Block	Manganese (ppm)	Significance Group	D	~13.5	A	E	~14.0	A	C	~21.5	AB	B	~30.5	BC	A	~38.5	C
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV																																																																						
Manganeso (ppm)	25	0,54	0,45																																																																							
37,35																																																																										
S.V.	SS	df	MS	F	p-value																																																																					
Model.	1811,80	4	452,95	5,97	0,0025																																																																					
Bloque	1811,80	4	452,95	5,97	0,0025																																																																					
Error	1518,51	20	75,93																																																																							
Total	3330,31	24																																																																								
Block	Manganese (ppm)	Significance Group																																																																								
D	~13.5	A																																																																								
E	~14.0	A																																																																								
C	~21.5	AB																																																																								
B	~30.5	BC																																																																								
A	~38.5	C																																																																								
Resultado ANAVA (Infostat, 2017)						Medias con letra en común no son significativamente diferentes (p > 0,05)																																																																				



### 6.2.13 Zinc

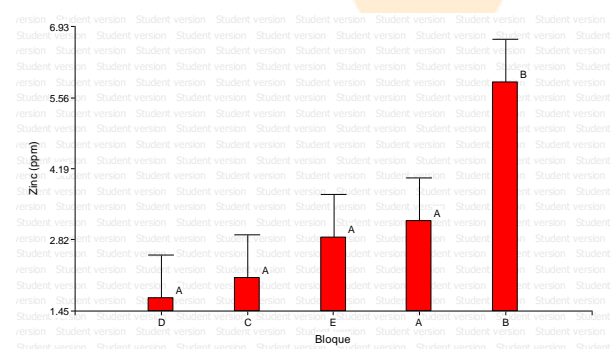
La variable Zinc se comporta estadísticamente diferente, tal como se observa en el Cuadro 14, las medias se comportan en orden ascendente entre cada uno de los 5 bloques evaluados, el bloque D

difiere en ppm con respecto del bloque C y el bloque E como también del bloque A, habiendo un incremento significativo en el bloque B, dato que ajusta con el análisis de varianza donde se observa que hubo diferencia significativa para la variable Zinc ya que el valor de ( $p < 0,05$ ) es decir que la variable no es igual en cada uno de los rodales, por tanto hay influencia con respecto de la ubicación sobre la cuenca baja del río Guarapas.

**Cuadro 14. Análisis estadístico de la variable Zinc**

Zinc (ppm)					
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV	
Zinc (ppm)	25	0.43	0.32	59.35	
Analysis of variance table (Partial SS)					
S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	53.06	4	13.27	3.83	0.0180
Bloque	53.06	4	13.27	3.83	0.0180
Error	69.19	20	3.46		
Total	122.25	24			
Resultado ANAVA (Infostat, 2017)					

Medias con letra en común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					
---	--	--	--	--	--

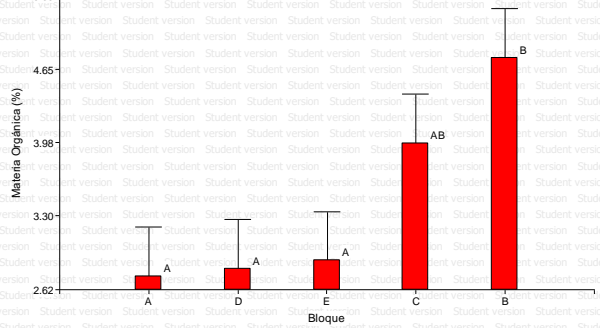


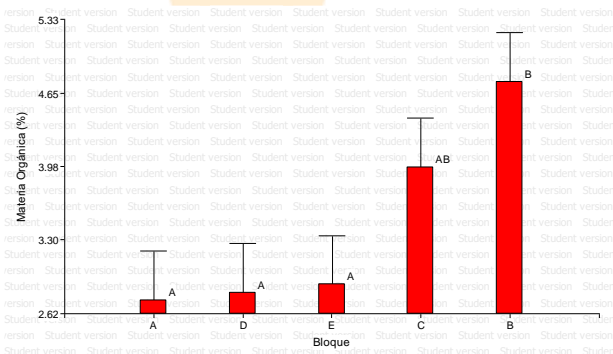
### 6.2.14 Materia Orgánica

De acuerdo con los resultados obtenidos en el Cuadro 15, las medias para la variable Materia orgánica son relativamente iguales entre los 3 primeros bloques A, D y E con diferencia de los bloques C y B que se incrementan con respecto de los anteriores, tal como se observa en el análisis de varianza hay diferencia significativa para dicha variable ya que el valor de ( $p < 0,05$ ), es decir que la variable no es igual estadísticamente en cada uno de los rodales estudiados en cuanto a la concentración en el % de Materia orgánica pues varía con respecto a la ubicación sobre la cuenca baja del río Guarapas. Dato que se puede evidenciar en estudios realizados por (Pineda, Elizalde, & Vilorio, 2011) donde encontraron que los suelos ubicados en distintas unidades

litogeomorfológicas resultaron significativamente diferentes en algunas propiedades químicas del suelo como % materia orgánica.

**Cuadro 15. Análisis estadístico de la variable Materia Orgánica**

<b>Materia Orgánica (%)</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV	
Materia Orgánica (%)	25	0.44	0.33	29.50	
<b>Analysis of variance table (Partial SS)</b>					
S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	16.04	4	4.01	3.91	0.0167
Bloque	16.04	4	4.01	3.91	0.0167
Error	20.50	20	1.02		
Total	36.53	24			
Resultado ANAVA (Infostat, 2017)					
Resultado ANAVA (Infostat, 2017)			Medias con letra en común no son significativamente diferentes (p > 0.05)		



### 6.2.15 Hierro

De acuerdo con los resultados obtenidos en el Cuadro 16, las medias para la variable Hierro son estadísticamente diferentes entre cada uno de los 5 bloques evaluados el bloque A, es menor respecto de los bloques B, C y D y aumenta las ppm en el bloque D que presenta cambios totalmente diferentes entre ellos, tal como se observa en el análisis de varianza, no se encuentra el nivel de confianza necesario para garantizar las diferencias significativas entre las medias analizadas ya que el valor de (p > 0,05).

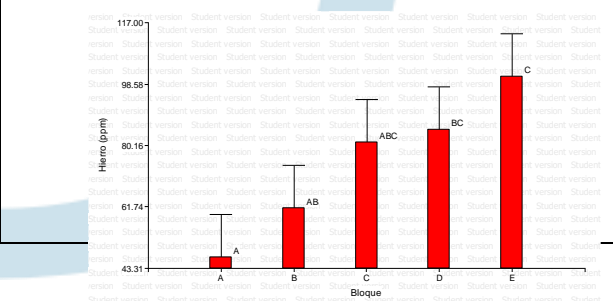
**Cuadro 16. Análisis estadístico de la variable Hierro**

Hierro (ppm)				
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV
Hierro (ppm)	25	0,35	0,22	38,18

Analysis of variance table (Partial SS)					
S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	8956,54	4	2239,13	2,73	0,0580

Bloque	Hierro (ppm)	Significance
A	45	A
B	68	AB
C	91	ABC
D	94	BC
E	108	C



Bloque	8956,54 4	2239,13 2,73	0,0580
Error	16394,45	20 819,72	
Total	25350,99	24	
Resultado ANAVA (Infostat, 2017)			Medias con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### 6.3 Análisis de variables físicas

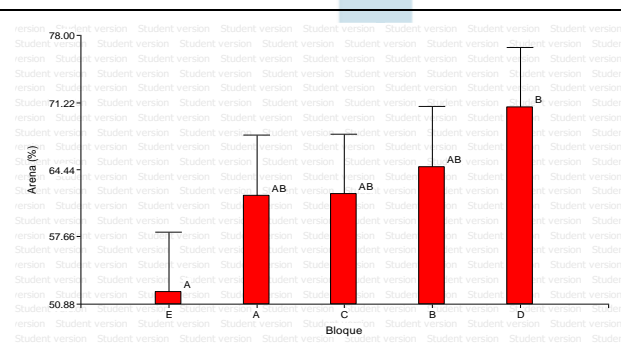
#### 6.3.1 Porcentaje de arena

Como se puede observar en el Cuadro 17, la variable Arena se comporta estadísticamente diferente en cuanto al % en cada uno de los bloques evaluados, el bloque E difiere de los bloques A y C que relativamente son iguales y parcialmente con el bloque B, a diferencia del bloque D que muestra un aumento mayor en los promedios, de acuerdo con la tabla del análisis de varianza no se presenta diferencia significativa entre los rodales, ya que el valor de ( $p > 0,05$ ) observándose diferencias en el comportamiento de la variable para cada uno de los bloques evaluados. El anterior dato es contrario a lo reportado por (Pineda, Elizalde , & Viloría, 2011) donde hallaron que suelos de diferentes tipos de relieve en una misma unidad litogeomorfológica mostraron diferencias significativas, para la variable arena fina y arena media.

**Cuadro 17. Análisis estadístico de la variable Arena**

Arena (%)					
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV	
Arena (%)	25	0.20	0.04	21.80	
Analysis of variance table (Partial SS)					
S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	902.81	4	225.70	1.22	0.3319
Bloque	902.81	4	225.70	1.22	0.3319
Error	3686.71	20	184.34		
Total	4589.52	24			
Resultado ANAVA (Infostat, 2017)					

Medias con letra en común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					
---	--	--	--	--	--



### 6.3.2 Porcentaje de arcilla

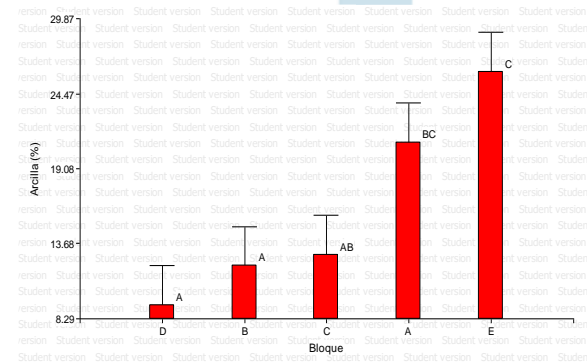
Según el Cuadro 18, la variable Arcilla se comporta estadísticamente diferente en cuanto al porcentaje en cada uno de los bloques evaluados, en el bloque D hay menor % de arcilla con relación al bloque B y diferente de los bloques C y A aún mayor diferencia del bloque E donde se observa que el valor de los promedios aumenta exponencialmente con referencia de los otros bloques, según el análisis de varianza hay diferencia significativa para la variable % de arcilla, ya que el valor de ( $p < 0,05$ ), es decir que si influye la ubicación del rodal sobre la cuenca baja con referencia en el % de la variable en cada uno de los 5 bloques evaluados.

Lo anterior concuerda con lo reportado por (Pineda, Elizalde , & Vilorio, 2011) donde encontraron que suelos de diferentes tipos de relieve en una misma unidad litogeomorfológica mostraron diferencias significativas en cuanto a la variable arcilla.

**Cuadro 18. Análisis estadístico de la variable Porcentaje de arcilla**

Arcilla (%)					
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV	
Arcilla (%)	25	0.55	0.46	38.81	
Analysis of variance table (Partial SS)					
S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	979.41	4	244.85	6.14	0.0022
Bloque	979.41	4	244.85	6.14	0.0022
Error	797.17	20	39.86		
Total	1776.58	24			
Resultado ANAVA (Infostat, 2017)					

Medias con letra en común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					
---	--	--	--	--	--



### 6.3.3 Porcentaje de Limo

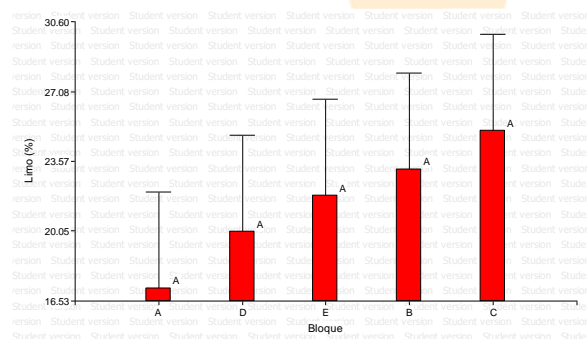
Como se puede evidenciar en el Cuadro 19, hay cambios en el comportamiento de la variable Limo en cada uno de los 5 bloques evaluados, los promedios de los bloques asciende, el bloque A, presenta 17,17 % y se va incrementando en los bloques D, E, B y finaliza con el 25,10 % en el



bloque C, de acuerdo con el análisis de varianza se observa que no hay diferencia significativa para la variable Limo ya que el valor de ( $p > 0,05$ ), es decir que hay cambios en la variable con respecto del sitio de ubicación sobre la cuenca parte baja del río Guarapas. El anterior promedio es menor a lo reportado por (Jimenez, Medina, & Sánchez, 2011) donde hallaron mayor % en la Variable limo con un promedio de 32.75% sobre la cuenca baja del río Valdivia.

**Cuadro 19. Análisis estadístico de la variable Porcentaje de Limo**

Limo (%)					
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV	
Limo (%)	25	0.07	0.00	50.58	
<b>Analysis of variance table (Partial SS)</b>					
S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	183.54	4	45.89	0.39	0.8136
Bloque	183.54	4	45.89	0.39	0.8136
Error	2356.22	20	117.81		
Total	2539.76	24			
Resultado ANAVA (Infostat, 2017)					
Medias con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )					

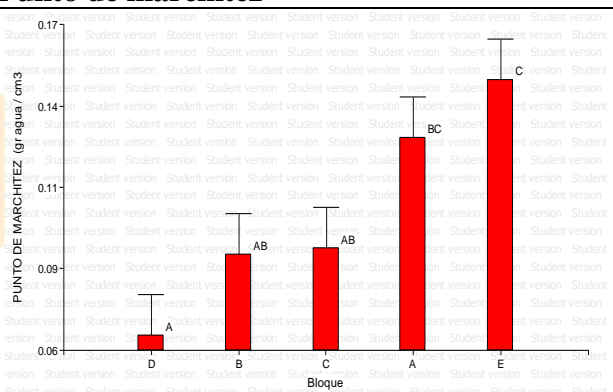


### 6.3.4 Punto de marchitez

Tal como se observa en la gráfica del Cuadro 20, la variable Punto de marchitez presenta diferencias en cada uno de los 5 bloques evaluados, el bloque D difiere con menor % de los bloques B y C que son relativamente iguales y aumenta las medias en el bloque A y E, según el análisis de varianza muestra que hay diferencia significativa para la variable Punto de marchitez ya que el valor de ( $p < 0,05$ ) es decir que no es igual el comportamiento de la variable con respecto de la ubicación en cada uno de los rodales analizados.

**Cuadro 20. Análisis estadístico de la variable Punto de marchitez**

<b>PUNTO DE MARCHITEZ (gr agua / cm3</b>					
<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Adj R<sup>2</sup></b>		
<b>CV</b>					
<b>PUNTO DE MARCH (gr ag..</b>	<b>250.56</b>	<b>0.47</b>	<b>29.22</b>		
<b>Analysis of variance table (Partial SS)</b>					
<b>S.V.</b>	<b>SS</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p-value</b>
Model.	0.02	4	0.01	6.28	0.0019
Bloque	0.02	4	0.01	6.28	0.0019
Error	0.02	20	9.7E-04		
Total	0.04	24			
<b>Resultado ANAVA (Infostat, 2017)</b>					
<b>Medias con letra en común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)</b>					



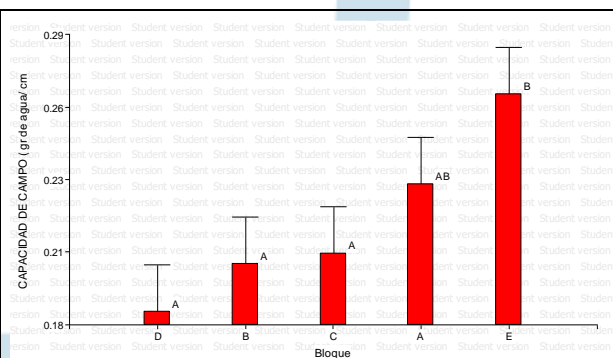
### 6.3.5 Capacidad de campo

De acuerdo con el Cuadro 21, las medias para la variable capacidad de campo se comportan estadísticamente diferentes en cada uno de los 5 bloques evaluados, el bloque D presenta un promedio de 0,18 le sigue los bloques B y C con 0,20 y 0,21 aumentando un poco el promedio del bloque A y E con un 0,23 y 0,27, según el análisis de varianza muestra diferencia significativa para la variable ya que el valor de ( $p < 0,05$ ), lo que quiere decir que la variable se comporta diferente con respecto a la ubicación de cada uno de los rodales evaluados sobre la cuenca baja del río Guarapas.

**Cuadro 21. Análisis estadístico de la variable Capacidad de Campo**

CAPACIDAD DE CAMPO ( gr de agua/ cm)					
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV	
CAPACIDAD DE CAM ( gr de.. 25 0.40 0.28					
18.04					
Analysis of variance table (Partial SS)					
S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	0.02	4	0.01	3.28	0.0320
Bloque	0.02	4	0.01	3.28	0.0320
Error	0.03	20	1.5E-03		
Total	0.05	24			

Bloque	Mean (approx.)	Significance Group
D	0.185	D
B	0.205	A
C	0.210	A
A	0.225	AB
E	0.265	B



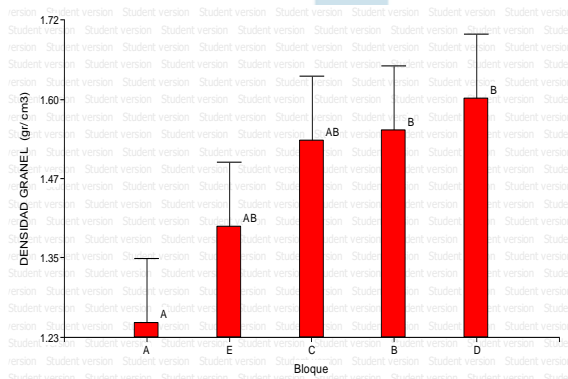
Resultado ANAVA (Infostat, 2017)	Medias con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )
----------------------------------	---

### 6.3.6 Densidad aparente

Según, el Cuadro 22, la variable densidad aparente se comporta estadísticamente diferente en cada uno de los 5 bloques evaluados, en menor rango se encuentra las medias del bloque A con relación del bloque E y C, como también difiere con el bloque B y D, de acuerdo con el análisis de varianza se observa que no hay diferencia significativa para la variable Densidad aparente ya que el valor de ( $p > 0,05$ ) lo que indica que independientemente del lugar donde este ubicado el rodal sobre la cuenca baja la variable se comporta relativamente igual. El anterior dato difiere a lo reportado por (Pineda, Elizalde , & Viloría, 2011) donde encontraron que suelos de diferentes tipos de relieve en una misma unidad litogeomorfológica mostraron diferencias significativas para la variable densidad aparente.

**Cuadro 22. Análisis estadístico de la variable Densidad aparente**

DENSIDAD APARENTE (gr/ cm3)					
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>		
CV					
DENSIDAD APAR (gr/ cm3)..	250.28	0.14			
15.11					
Analysis of variance table (Partial SS)					
S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	0.39	4	0.10	1.99	0.1348
Bloque	0.39	4	0.10	1.99	0.1348
Error	0.98	20	0.05		
Total	1.37	24			
Resultado ANAVA (Infostat, 2017)				Medias con letra en común no son significativamente diferentes (p > 0.05)	



### 6.3.7 Saturación

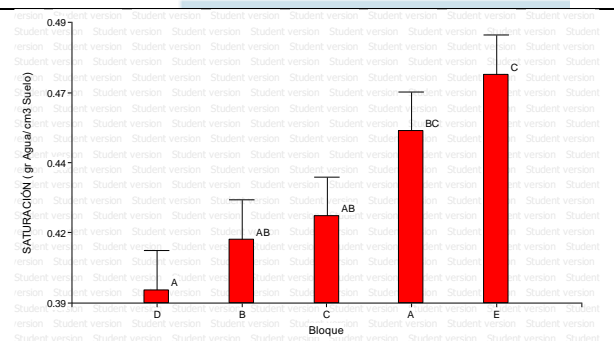
De acuerdo con el Cuadro 23, las medias para la variable capacidad de campo se comportan estadísticamente diferentes en cada uno de los 5 bloques evaluados, el bloque A es menor con relación a los bloques E y C que relativamente son iguales pero difiere de los bloques B y D que aumentan el promedio con relación de los otros bloques, de acuerdo con el análisis de varianza se encuentra que hay diferencia significativa para la variable Saturación ya que el valor de ( $p < 0,05$ ), lo que indica que independientemente de la ubicación del rodal sobre la cuenca baja del río Guarapas la variable no se comporta igual.

**Cuadro 23. Análisis estadístico de la variable Saturación**

<i>SATURACIÓN ( gr Agua/ cm3 Suelo)</i>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>		
CV					
SATURACIÓN ( gr Agua/ cm3 ..	25	0.49	0.39		
7.24					
<b>Analysis of variance table (Partial SS)</b>					
S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	0.02	4	4.6E-03	4.77	0.0072
Bloque	0.02	4	4.6E-03	4.77	0.0072
Error	0.02	20	9.7E-04		
Total	0.04	24			
Resultado ANAVA (Infostat, 2017)					

SATURACIÓN (gr Agua/cm3 Suelo)	Bloque			
D	B	C	A	E

Medias con letra en común no son significativamente diferentes (p > 0.05)	
---	--



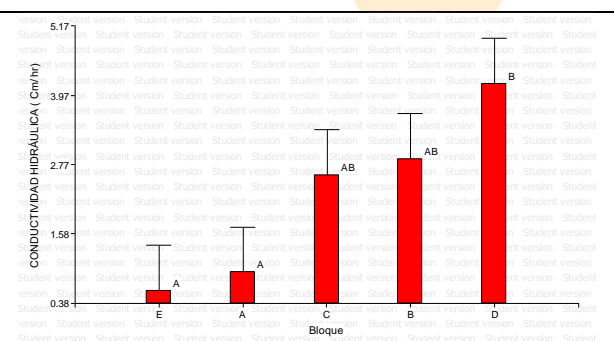
### 6.3.8 Conductividad hidráulica

Al observar la tabla del Cuadro 24, las medias para la variable conductividad hidráulica se comporta estadísticamente diferente en cada uno de los 5 bloques evaluados, el bloque E y A tienen una media de 0,60 y 0,92 menor con relación a los bloques C y B que presenta un promedio de 2,59 y 2,87 relativamente son iguales pero difiere del bloque D que tiene una media de 4,17, el cual aumenta con relación de los otros bloques, de acuerdo con el análisis de varianza se observa que hay diferencia significativa para la variable conductividad Hidráulica ya que el valor de ( $p <$

0,05), por tanto el comportamiento de la variable para cada uno de los rodales analizados es diferente con respecto a la ubicación de los rodales sobre la cuenca baja del río Guarapas. Rango que oscila con lo reportado por (Jimenez, Medina, & Sánchez, 2011) donde encontraron que sobre la Cuenca Baja del río valdivia presenta niveles normales para la variable Conductividad hidráulica con promedio de 0,178 gr Agua/ cm<sup>3</sup> Suelo .

**Cuadro 24. Análisis estadístico de la variable Conductividad Hidráulica**

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA ( Cm/ hr)					
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>		
CV					
CONDUCTIVIDAD HIDRÁU (..	25	0.42	0.30		
78.22					
Analysis of variance table (Partial SS)					
S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	43.37	4	10.84	3.57	0.0237
Bloque	43.37	4	10.84	3.57	0.0237
Error	60.81	20	3.04		
Total	104.18	24			
Resultado ANAVA (Infostat, 2017)			Medias con letra en común no son significativamente diferentes (p > 0.05)		

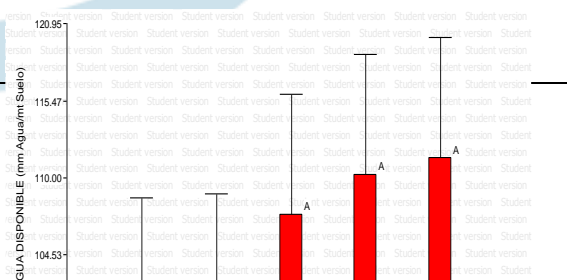


### 6.3.9 Agua disponible

De acuerdo con el Cuadro 25, se observa que la distribución de los promedios para la variable Agua disponible se comportan desiguales entre los 5 bloques, sin embargo los bloques A y D son homogéneos, los bloques B, C y E aumenta el promedio en cada uno de ellos de izquierda a derecha, de acuerdo con el análisis de varianza se constata que no hay diferencia significativa para la variable Agua disponible ya que el valor de (p > 0,05).

**Cuadro 25. Análisis estadístico de la variable Agua disponible**

AGUA DISPONIBLE (mm Agua/mt Suelo)				
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV



<u>AGUA DISPONIB (mm Agua/m.. 25 0.07 0.00 18.03</u>					
<b>Analysis of variance table (Partial SS)</b>					
<u>S.V.</u>	<u>SS</u>	<u>df</u>	<u>MS</u>	<u>F</u>	<u>p-value</u>
Model.	582.87	4	145.72	0.40	0.8065
Bloque	582.87	4	145.72	0.40	0.8065
Error	7290.79	20	364.54		
<u>Total</u>	<u>7873.66</u>	<u>24</u>			
Resultado ANAVA (Infostat, 2017)					
Medias con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )					

#### 6.4 Determinación de variables más representativas

Mediante análisis multivariado, se determinaron las características con mayor relevancia para identificar aquellas que presentan con mayor probabilidad las diferencias encontradas en cada uno de los suelos. A partir del Análisis de Componentes Principales se logró determinar un grupo de 8 variables físicas y químicas que permiten explicar la variabilidad de los datos hasta en un 100% al cuarto nivel de componentes, de manera que el listado de variables obtenido presenta la mayor respuesta a las condiciones del suelo más representativas para este estudio. Como se puede apreciar en la Tabla 3, se escogieron aquellos componentes con valor  $>1$ , para luego identificar las variables de más alto valor, seguidas de las que presentaron un valor absoluto con variación no mayor al 10%.

**Tabla 3,** Análisis De Componentes Principales – Análisis Multivariado ACP

Componentes Principales	e1	e2	e3	e4
Value	11.49	5.63	4.83	3.05
Proportion	0.46	0.23	0.19	0.12
Cum. prop.	0.46	0.68	0.88	1.00
Variables	e1	e2	e3	e4
<b>QUÍMICAS</b>				
Aluminio (meq/100 g suelo)	0.28	-0.05	-0.04	0.17
Boro (ppm)	-0.19	0.32	0.05	0.06
Calcio (meq/100 g suelo)	0.19	0.20	-0.07	0.33
Cobre (ppm)	0.02	0.09	0.44	0.09
Manganeso (ppm)	-0.02	0.11	0.36	-0.32
Materia Orgánica (%)	-0.12	0.38	-0.03	-0.11
pH (Unidades)	-0.24	0.16	0.15	0.13
Zinc (ppm)	-0.01	0.35	0.25	0.07
<b>FÍSICAS</b>				
Arcilla (%)	0.29	-0.03	0.07	0.01
Capacidad De Campo	0.29	0.02	0.02	0.03
Conductividad Hidráulica	-0.28	-0.02	-0.11	0.12
Punto De Marchitez	0.29	0.02	0.08	-0.05
Saturación (Gr Agua/ Cm3)	0.29	-2.0E-03	0.06	-0.05



Aunque el ACP permite obtener un conjunto de datos representativos, se determinó realizar un análisis de correlación, como lo realizado por (Valbuena O. E., 2014), de manera que se identificara la redundancia de los datos, encontrando que las variables Capacidad de Campo, Conductividad Hidráulica, Punto de Marchitez y Saturación, se encontraban con probabilidades más altas, lo cual se explica debido a que estos datos fueron analizados mediante calculadora hidráulica descrita en la fase metodológica, generando ruido estadístico para el análisis de correlación, como se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4** MATRIZ DE CORRELACIÓN

	Al	B	P	Ca	M g	Na	K	Cl CE	Ar	A	L	Te x	pH	Cu	Fe	M n	Zn	M O	N	P M	C C	D A	Sat	CE
B	0,2 06																							
P	0,5 77	0,2 04																						
Ca	0,1 66	0,9 93	0,7 28																					
M g	0,0 02	0,4 35	0,8 06	0,0 46																				
Na	0,3 77	0,7 27	0,5 90	0,0 85	0,2 14																			
K	0,5 81	0,9 32	0,4 93	0,5 32	0,5 21	0,2 87																		
Cl CE	0,2 52	0,9 09	0,5 91	0,1 32	0,1 53	0,2 51	0,1 14																	
Ar	0,0 52	0,4 33	0,3 89	0,1 68	0,0 47	0,3 08	0,1 83	0,0 35																
A	0,0 20	0,2 28	0,4 20	0,2 91	0,0 57	0,3 26	0,3 11	0,2 32	0,0 36															
L	0,7 28	0,4 00	0,9 77	0,7 10	0,9 46	0,9 82	0,7 02	0,3 96	0,8 33	0,6 16														
Te x	0,7 04	0,9 65	0,2 24	0,6 31	0,6 72	0,4 74	0,5 43	0,5 92	0,8 05	0,8 14	0,2 07													
pH	0,1 10	0,0 47	0,0 90	0,6 77	0,2 43	0,9 79	0,6 13	0,3 88	0,1 27	0,1 13	0,8 59	0,6 61												
Cu	0,9 81	0,7 09	0,4 97	0,8 71	0,8 45	0,9 77	0,2 42	0,8 52	0,9 38	0,7 30	0,2 82	0,2 40	0,5 47											
Fe	0,4 34	0,6 54	0,9 40	0,3 67	0,3 69	0,9 39	0,6 56	0,5 43	0,5 58	0,8 16	0,4 46	0,8 72	0,4 91	0,1 59										
M n	0,6 06	0,6 76	0,8 80	0,5 53	0,5 60	0,7 43	0,3 49	0,8 88	0,8 67	0,9 56	0,6 09	0,9 46	0,6 66	0,1 78	0,0 11									
Zn	0,8 09	0,1 69	0,3 58	0,5 45	0,9 45	0,1 33	0,3 56	0,6 37	0,9 30	0,8 98	0,6 40	0,3 89	0,1 28	0,4 75	0,3 18									
M O	0,3 44	0,0 36	0,5 78	0,9 09	0,5 88	0,6 90	0,5 22	0,6 68	0,8 01	0,4 32	0,1 67	0,2 23	0,9 73	0,7 29	0,2 41	0,9 23	0,6 96							
N	0,3 84	0,0 42	0,5 84	0,8 52	0,6 39	0,6 67	0,5 13	0,6 18	0,8 49	0,4 58	0,1 42	0,3 15	0,9 01	0,8 66	0,5 05	0,6 75	0,2 04	0,0 00						
P	0,0 52	0,3 19	0,3 95	0,3 07	0,0 87	0,2 81	0,1 90	0,1 78	0,0 27	0,0 02	0,6 96	0,9 19	0,1 48	0,6 73	0,9 35	0,8 03	0,8 66	0,5 80	0,6 05					
C	0,0 15	0,2 90	0,4 42	0,2 06	0,0 31	0,2 83	0,2 73	0,1 43	0,0 12	0,0 01	0,7 87	0,8 91	0,1 16	0,8 24	0,6 96	0,9 52	0,9 63	0,5 36	0,5 72	0,0 03				
D	0,3 16	0,2 65	0,3 50	0,9 14	0,4 92	0,6 08	0,3 56	0,7 03	0,3 43	0,1 43	0,2 08	0,8 99	0,2 95	0,3 85	0,2 71	0,3 62	0,4 97	0,3 84	0,9 20	0,3 77	0,1 01			
A	0,1 38	0,2 57	0,3 46	0,4 21	0,3 79	0,4 41	0,6 29	0,5 85	0,3 23	0,1 01	0,7 03	0,9 53	0,1 04	0,6 66	0,9 56	0,8 87	0,5 76	0,5 16	0,5 42	0,0 00	0,2 02	0,0 22		
Sat	0,1 01	0,3 25	0,3 19	0,4 26	0,1 60	0,3 39	0,1 48	0,2 11	0,0 47	0,0 09	0,6 71	0,9 89	0,1 56	0,6 42	0,9 21	0,6 59	0,8 11	0,6 28	0,6 11	0,0 28	0,0 16	0,0 55	0,0 03	
CE	0,5 48	0,8 38	0,7 06	0,2 41	0,3 78	0,5 36	0,3 25	0,0 40	0,2 12	0,6 31	0,0 92	0,3 58	0,5 87	0,4 48	0,3 19	0,5 95	0,7 96	0,4 43	0,3 92	0,5 68	0,4 70	0,7 59	0,5 59	0,6 22

Fuente: (Autor)

## 6.5 Relación de las características del suelo con el estado de los rodales de guadua

De acuerdo con lo reportado por (Noriega, 2018), los rodales de la cuenca baja del río Guarapas tienen una composición con partes iguales de guadua verde y madura de, 21,1%, se observa un incremento de guadua madura con un 21,4% hay baja presencia en cantidad de guadua cortada 9% y finalmente se encontró 13,8% de guadua en rebrote como se muestra en el siguiente tabla 3, así mismo, se realiza una comparación con datos obtenidos previamente por Méndez en el 2015, con el inventario de (Noriega, 2018) observándose una disminución de las variables, guadua verde, con 10,3%, guadua madura 29%, aumenta la guadua sobre madura con 29,8% debido al bajo aprovechamiento, como se observa la guadua cortada se encuentra en 9% y aumenta rebrotes con 0,5%.

**Tabla 5. Comparación de resultados de composición de los rodales de guadua (%)**

Variable	Inventario Méndez (2015)	Inventario (Noriega, 2018)
Guadua Verde	31,4%	21,1%
Guadua Madura	50,4%	21,4%
Guadua Sobremadura	4,9 %	34,7%
Guadua Cortada	-	9%
Rebotes	13, 3%	13,8%

Fuente: Noriega (2018)

Para determinar la relación existente entre las características del suelo y el estado de los rodales de guadua, se realizó un análisis de correlación canónica mediante el programa Infostat 2019.

**Tabla 6** Correlaciones canónicas

Correlaciones canónicas				
	L(1)	L(2)	L(3)	L(4)
R	0,84	0,8	0,54	0,5
R <sup>2</sup>	0,71	0,65	0,29	0,25
Lambda	49,61	28,36	10,73	4,85
gl	36	24	14	6
p-valor	0,07	0,25	0,71	0,56

Fuente: (Autor)

Del procedimiento para analizar la correlación canónica mediante el software estadístico, resultaron cuatro puntuaciones para obtener los índices, de los cuales se seleccionó el de mayor significación e interés para la investigación. Por tanto, se consideró la puntuación L(1), pero aun así, lambda de Wilks no fue significativo ( $p > 0,05$ ) y las puntuación L(2), L(3) y L(4) no fueron consideradas, por la baja correlación canónica, el valor alto de lambda de Wilks y la no significación estadística.

**Tabla 7** Matriz de correlación

Matriz de correlación									
	Aluminio (meq/100 g suelo)	Boro (ppm)	Calcio (meq/100 g suelo)	Arcilla (%)	pH (Unidades)	Cobre (ppm)	Manganeso (ppm)	Zinc (ppm)	Materia Orgánica (%)
No. VERDE	0,04	0,06	-0,1	0,31	-0,2	0,06	0,17	0,22	0,27
No. MADURA	0,14	-0,06	-0,13	0,51	-0,24	0,44	0,35	0,22	-0,1
No. SOBREMADURA	-0,39	0,25	-0,13	-0,14	0,25	0,38	0,43	0,18	0,12
No. REBROTE	-0,18	0,13	-0,38	0,08	-0,05	0,38	<u>0,68</u>	0,26	0,22

Fuente: (Autor)

En la Tabla 7, se observa los valores de correlación que existe entre las variables predictoras (independiente) y variables criterio (dependiente), las cuales no presentan una relación directa entre el comportamiento de las variables químicas del suelo con el estado de los rodales, debido a que son muy dispersas, la variable que presenta menor variabilidad de correlación es el No de guadua sobremadura en relación con la variable Materia orgánica con el (0,1%) y la variable que más cercana esta y se correlaciona es el No de Rebotes con la variable Manganeso en un (0,68%), siendo lejos el índice del 100% para que haya alta correlación.

**Tabla 8** Coeficientes de las combinaciones lineales

Coeficientes de las combinaciones lineales				
	L(1)	L(2)	L(3)	L(4)
Aluminio (meq/100 g suelo)	0,14	-0,3	-0,69	-1,44
Boro (ppm)	-0,08	0,14	0,11	0,32
Calcio (meq/100 g suelo)	0,22	-0,3	0,12	0,83
Arcilla (%)	-0,89	-0,64	0,4	-0,11
pH (Unidades)	-0,69	-1,04	-1,21	-1,06
Cobre (ppm)	-0,21	0,3	0,12	0,88
Manganeso (ppm)	-0,3	0,4	-0,54	-0,49
Zinc (ppm)	-0,21	0,34	0,57	-0,51
Materia Orgánica (%)	0,83	0,35	0,44	0,64
No. VERDE	0,67	0,01	-1,03	0,6
No. MADURA	-1,37	-0,56	-0,18	-0,21
No. SOBREMADURA	-0,52	-0,27	0,14	1,21
No. REBROTE	0,43	1,41	0,39	-0,84

Fuente: (Autor)

En la Tabla 8, se muestra el coeficiente de las combinaciones lineales teniendo en cuenta únicamente la combinación 1 (L1), debido a que son los de mayor significación e interés para la Investigación, ya que se tiene una explicación de hasta el 49% de la correlación de los datos, y aunque no corresponde a un valor significativo validado por el análisis de correlación canónico, puesto que el valor de  $p > 0,05$ ; se presenta un análisis para tratar de identificar las relaciones más estrechas entre las variables independientes (variables de suelo medidas en el análisis y priorizadas a través de ACP y matriz de correlación lineal), y las variables dependientes (estado de composición-inventario de las unidades evaluadas).

## 7 CONCLUSIONES

Existe una alta variabilidad entre los resultados de características de suelo por cada rodal, indicando que no existe una dependencia lineal entre las características del suelo y el comportamiento de los rodales porque como se observó son indiferentes los resultados del suelo a la composición que tiene los rodales sobre la cuenca baja del río Guarapas.

El comportamiento de los rodales es indiferente al tipo de suelo, dentro de los 25 sitios evaluados en la cuenca baja del río Guarapas.

La calidad de los suelos asociados a los rodales de *Guadua angustifolia* Kunth no influye sobre su desarrollo y características funcionales en la cuenca baja del río Guarapas.

## 8 RECOMENDACIONES

- ✓ Es necesario crear mayor investigación científica relacionada con los tipos de suelos necesarios para el desarrollo de esta especie, en la región sur del Huila.
- ✓ Aumentar el número de muestras tomadas en nuevos proyectos de caracterización de suelos asociados a rodales de guadua sobre la cuenca del río Guarapas.
- ✓ Caracterizar suelos sobre parte alta y media de la cuenca.
- ✓ Contribuir con conocimiento a productores de Guadua en la zona sur del Huila sobre las características físicas y químicas de los suelos requeridos para el desarrollo de la especie.
- ✓ Generar nuevos sistemas de aprovechamiento del cultivo que apalanque a productores disminuyendo afectaciones a los rodales de Guadua.
- ✓ Ofrecer capacitación a propietarios y productores de Guadua sobre cuál de las fases de la Guadua es apta para su aprovechamiento.

## 9 BIBLIOGRAFÍA

- Ander-Egg, E. (1995). *Técnicas de Investigación Social* (Cuarta ed.). México: Ateneo. Asamblea Departamental del Huila. (10 de Junio de 2016). Gobernación del Huila. Obtenido de [http://www.huila.gov.co/documentos/Planeacion/Plan\\_Desarrollo\\_2016/PLAN\\_DE\\_DESARROLLO\\_EL\\_CAMINO\\_ES\\_LA\\_EDUCACION\\_2016.pdf](http://www.huila.gov.co/documentos/Planeacion/Plan_Desarrollo_2016/PLAN_DE_DESARROLLO_EL_CAMINO_ES_LA_EDUCACION_2016.pdf)
- Carvajal, S. A. (2019). *“Análisis multivariado de factores fenotípicos, fisiológicos y de manejo que inciden en la producción lechera en la Hacienda la Ovejera”*. Obtenido de <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/766/1/349%20An%C3%A1lisis%20multivariado%20de%20factores%20fenot%C3%ADpicos%20fisiol%C3%B3gicos%20y%20de%20manejo%20que%20inciden%20en%20la%20producci%C3%B3n%20lechera%20en%20la%20Hacienda%20La%20Ovejera>
- Angelini, M. (19 de de Julio de 2012). *Mapeo Digital de Suelos aplicado a la agricultura de precisión*. Obtenido de INTA: [http://www.agriculturadeprecision.org/descargaltem.asp?item=/11voCursoAgPrec/Dia2/SalonB/Angelini\\_MapeoDigitalDeSuelos.pdf](http://www.agriculturadeprecision.org/descargaltem.asp?item=/11voCursoAgPrec/Dia2/SalonB/Angelini_MapeoDigitalDeSuelos.pdf).
- Barrios Recios, J. P. (Julio de 2006). *DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO DEL MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE; EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE CUATRO DOSIS DE COPOLIMERO DE ACRILAMIDA SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA PLANTILLA DE BAMBÚ (Guadua angustifolia kunth) Y EL AHORRO DE AGUA (H2O)* . Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8961/1/Juan%20Pablo%20Barrios%20Recinos.pdf>
- Cadena, D., & Da Silva, M. (2016). *MANUAL PRACTICO: MAPEO DIGITAL DE SUELOS*. Obtenido de Centro Internacional para Agricultura – CIAT: [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos\\_ciat/biblioteca/Manual\\_de\\_Mapeo\\_de\\_Suelos\\_Haiti\\_Espanol\\_FINAL.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/biblioteca/Manual_de_Mapeo_de_Suelos_Haiti_Espanol_FINAL.pdf)
- Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM. (2009). *Pomch Río Guarapas*. Recuperado en Diciembre de 2017, de <http://www.cam.gov.co/recurso-hidrico/pomch/category/81-río-guarapas.html>
- CAM. (Abril de 2018). *Pomch Río Guarapas* . Recuperado el 14 de Enero de 2018, de <http://www.cam.gov.co/recurso-hidrico/pomch.html>
- Castaño, F. (Diciembre de 2001). *INDUSTRIALIZACION SOSTENIBLE DE LA GUADUA*. Obtenido de [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/Pnacx697.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnacx697.pdf)
- Chará, J., Giraldo, L. P., Chará, A. M., & Pedraza, G. X. (Diciembre de 2010). *Beneficios de los corredores ribereños de Guadua angustifolia en la protección de ambientes*. Recuperado el 20 de Marzo de 2018, de [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8443/Beneficios\\_de\\_los\\_corredores\\_riberenos2.pdf](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8443/Beneficios_de_los_corredores_riberenos2.pdf)



Cobos Fischer, J. A., & León Rodríguez, X. (Noviembre de 2007). *“PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH Y APLICACIÓN AL DISEÑO DE BATERIAS SANITARIAS DEL IASA II”*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1562/1/T-ESPE-025178.pdf>

Cobos Fischer, J. A., & León Rodríguez, X. A. (NOVIEMBRE de 2007). *“PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH Y APLICACIÓN AL DISEÑO DE BATERIAS SANITARIAS DEL IASA II”*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1562/1/T-ESPE-025178.pdf>

Colín, G., Fernández, D., Mario R. Martínez, M., Ríos, J. D., Sánchez, P., Rubio, E., & Ibáñez, L. A. (2017). *Clasificación digital de suelos a través de covariables ambientales de la cuenca del río Mixteco*. Obtenido de Terra Latinoamericana: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v35n4/2395-8030-tl-35-04-00281.pdf>

Córdoba, M., Paccioretti, P., Bruno, C., Aguade, F., & Balzarini, M. (2017). *FastMapping: software para mapeo de variabilidad en dominios espaciales continuos*. Obtenido de 1Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba: [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/62829/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/62829/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1)

Dr Calderon, L. (2002). *Triangulo Textural Calculador de Propiedades Hidráulicas*. Obtenido de [http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis\\_Fisico\\_de\\_Suelos/Calculador%20Textural.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_Fisico_de_Suelos/Calculador%20Textural.htm)

Ecohabitar. (26 de Octubre de 2013). *La guadua: una maravilla natural de grandes bondades y prometedor futuro*. Obtenido de <http://www.ecohabitar.org/la-guadua-una-maravilla-natural-de-grandes-bondades-y-prometedor-futuro/>

FAO. (2018). *EL SUELO*. Obtenido de Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extencionistas: <http://www.fao.org/docrep/006/W1309S/w1309s04.htm>

FAO. (2019). *Clasificación de Suelos*. Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/es/>

Fundación produce. (2014). *Técnicas de caracterización de suelos y abonos orgánicos*. Obtenido de Fundación produce: [https://www.researchgate.net/profile/Jaime\\_Herran/publication/287982212\\_Tecnicas\\_de\\_caracterizacion\\_de\\_suelos\\_y\\_abonos\\_organicos/links/567ae5820ae197583812343/Tecnicas-de-caracterizacion-de-suelos-y-abonos-organicos.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Jaime_Herran/publication/287982212_Tecnicas_de_caracterizacion_de_suelos_y_abonos_organicos/links/567ae5820ae197583812343/Tecnicas-de-caracterizacion-de-suelos-y-abonos-organicos.pdf?origin=publication_detail)

Fundación Produce. (2014). *Técnicas de caracterización de suelos y abonos orgánicos*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Jaime\\_Herran/publication/287982212\\_Tecnicas\\_de\\_caracterizacion\\_de\\_suelos\\_y\\_abonos\\_organicos/links/567ae5820ae197583812343/Tecnicas-de-caracterizacion-de-suelos-y-abonos-organicos.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Jaime_Herran/publication/287982212_Tecnicas_de_caracterizacion_de_suelos_y_abonos_organicos/links/567ae5820ae197583812343/Tecnicas-de-caracterizacion-de-suelos-y-abonos-organicos.pdf?origin=publication_detail)

- García, C., & Félix, J. A. (2014). *Técnicas de caracterización de suelos y abonos orgánicos*. Obtenido de Fundación produce sinaloa:  
[https://www.researchgate.net/profile/Jaime\\_Herran/publication/287982212\\_Tecnicas\\_de\\_caracterizacion\\_de\\_suelos\\_y\\_abonos\\_organicos/links/567ae58208ae197583812343/Tecnicas-de-caracterizacion-de-suelos-y-abonos-organicos.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Jaime_Herran/publication/287982212_Tecnicas_de_caracterizacion_de_suelos_y_abonos_organicos/links/567ae58208ae197583812343/Tecnicas-de-caracterizacion-de-suelos-y-abonos-organicos.pdf?origin=publication_detail)
- Giraldo Herrera, E. (s.f.). *BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES DE LA GUADUAEN COLOMBIA (Guadua angustifolia Kunth)*. Obtenido de  
[http://www.sigguadua.gov.co/sites/default/files/archivos/bienes\\_y\\_servicios\\_guadua.pdf](http://www.sigguadua.gov.co/sites/default/files/archivos/bienes_y_servicios_guadua.pdf)
- Guadua Bamboo. (Enero de 2015). *Guadua Bamboo Rhizome Morphology*. Obtenido de  
<https://www.guaduabamboo.com/forum/guadua-rhizome-morphology>
- IDEAM. (Noviembre de 2012). *PROPUESTA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO (GIARS)*. Obtenido de  
[http://www.ideam.gov.co/documents/11769/153422/20121210\\_Propuesta\\_Programa\\_de\\_M%26SDS\\_Nov\\_23\\_12\\_v6.pdf/04ac8b73-303d-4d09-b2f5-9dc8b81b4f54](http://www.ideam.gov.co/documents/11769/153422/20121210_Propuesta_Programa_de_M%26SDS_Nov_23_12_v6.pdf/04ac8b73-303d-4d09-b2f5-9dc8b81b4f54)
- IDEAM. (2015). *Caracterización de los suelos y las tierras*. Obtenido de  
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005192/macizo/pdf/Capitulo4.pdf>
- IEC. (2018). *FINALIDAD DE LOS MAPAS DE SUELOS*. Obtenido de  
<https://www.iec.cat/mapasols/Cas/Finalitat.asp?Grup=B&Opcio=7>
- INTA. (05 de Mayo de 2015). *La importancia de la utilización de los mapas de suelos (primera parte)*. Obtenido de <https://inta.gob.ar/noticias/la-importancia-de-la-utilizacion-de-los-mapas-de-suelos-primera-parte>
- Jimenez, E., Medina, L., & Sánchez, B. (2011). *Diagnóstico de los suelos de la cuenca hidrógrafa del río Valdivia*. Obtenido de  
<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/16048/DIAGNOSTICO%20DE%20LOS%20SUELOS%20DE%20LA%20CUENCA%20HIDROGRAFICA%20DEL%20RIO%20VALDIVIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Londoño, X., Camayo, G., Riaño, N., & López, Y. (2018). *CARACTERIZACION ANATOMICA DEL CULMO DE Guadua angustifolia Kunth (Poaceae: Bambusoideae)*. Obtenido de CARACTERIZACION ANATOMICA DEL CULMO DE Guadua angustifolia Kunth
- MINAMBIENTE. (2011). *DECRETO 2811 DEL 18 DE DICIEMBRE DE 1974*. Obtenido de  
[http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto\\_2811\\_de\\_1974.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto_2811_de_1974.pdf)
- Méndez Pedroza, N. M. (Diciembre de 2015). Diagnóstico de guaduales y propuesta de un modelo de ordenamiento forestal sostenible productivo para el manejo e industrialización de la guadua (Guadua

angustifolia Benth), con participación comunitaria en la Cuenca hidrográfica del río Guarapas, zona su. Ávila, España. Obtenido de <http://ucav.odilotk.es/opac?id=00045859>—

Noriega, M. d. (2018). *Caracterización de servicios ecosistémicos de la Guadua angustifolia Kunth en la cuenca baja del río Guarapas en Pitalito-Huila*. Obtenido de <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/20985/3/1083918051.pdf>

Pineda, M. C., Elizalde, G., & Viloria, J. (2011). *Relación suelo-paisaje en un sector de la cuenca del río Caramacate, Aragua, Venezuela*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Maria\\_Pineda7/publication/282731717\\_Relacion\\_suelo-paisaje\\_en\\_un\\_sector\\_de\\_la\\_cuenca\\_del\\_rio\\_Caramacate\\_Aragua\\_Venezuela/links/56aa0bd808aeb4cefadea1/Relacion-suelo-paisaje-en-un-sector-de-la-cuenca-del-rio-Caramacate](https://www.researchgate.net/profile/Maria_Pineda7/publication/282731717_Relacion_suelo-paisaje_en_un_sector_de_la_cuenca_del_rio_Caramacate_Aragua_Venezuela/links/56aa0bd808aeb4cefadea1/Relacion-suelo-paisaje-en-un-sector-de-la-cuenca-del-rio-Caramacate)

Rienzo, J. D., Casanoves, F., Balzarini, M., González, L., & Robledo, C. (2019). *InfoStat*. Obtenido de InfoStat: <http://www.infostat.com.ar>

Rodriguez, J. A., & Camargo, J. C. (Diciembre de 2009). Erosión y escorrentía: indicadores de respuesta temprana del suelo a distintas coberturas en la zona cafetera de Colombia. *Recursos Naturales y Ambiente*, 25-31. Recuperado el 13 de Octubre de 2017, de [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7301/RRNA\\_No58\\_Completa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7301/RRNA_No58_Completa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

SIGGUADUA. (2018). *BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES DE LA GUADUA (Guadua angustifolia Kunth)*. Recuperado el 9 de Diciembre de 2017, de [http://sigguadua.gov.co/sites/default/files/archivos/bienes\\_y\\_servicios\\_guadua.pdf](http://sigguadua.gov.co/sites/default/files/archivos/bienes_y_servicios_guadua.pdf)

USDA. (2019). *LOS ÓRDENES EN LA TAXONOMÍA DE SUELOS DEL USDA*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/cienciadelsueloutmach/LA-GNESIS-DE-LOS-SUELOS/los-ordenes-en-la-taxonomia-de-suelos-del-usda>

Valbuena, O. E. (2014). Evaluación de la calidad de suelo en plantaciones de Coffea arabica L. var. Caturra, en tecnologías de producción intensiva y tradicional en Pitalito-Huila. Pitalito, Colombia.

Valbuena Calderon, O. E. (2006). *Estudio comparativo de indicadores de calidad de suelo en fincas de café orgánico y convencion*. Obtenido de Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0834e/A0834e.pdf>

Valbuena, O. (2017). Los suelos y la guadua en la cuenca baja del río guarapas en pitalito huila. *Agronomía mesoamericana*, 21-29.

Vallejo Quintero, V. E. (Mayo de 2013). *IMPORTANCIA Y UTILIDAD DE LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS MEDIANTE EL COMPONENTE MICROBIANO: EXPERIENCIAS EN SISTEMAS*

*SILVOPASTORILES*. Obtenido de Facultad de Ingeniería, Universidad Central:  
<http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v16n1/v16n1a06.pdf>

Velez, S. (2006). *“Símbolo y búsqueda de lo primitivo”*. Obtenido de LA GUADUA ANGUSTIFOLIA “El Bambú Colombiano”:  
[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93442/06\\_ESD\\_Cos\\_pp\\_35\\_81.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93442/06_ESD_Cos_pp_35_81.pdf)

Zamudio Sanchez, A. M., Carrascal Carrascal, C. E., Pulido Roa, J. F., Gallardo, E. A., Vargas, A., & Vera Raigosa, D. F. (2006). *Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos* (6 ed.). Bogotá: IGAC.

